This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

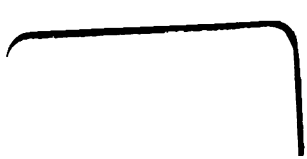
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A. Clinton Crowell

1922

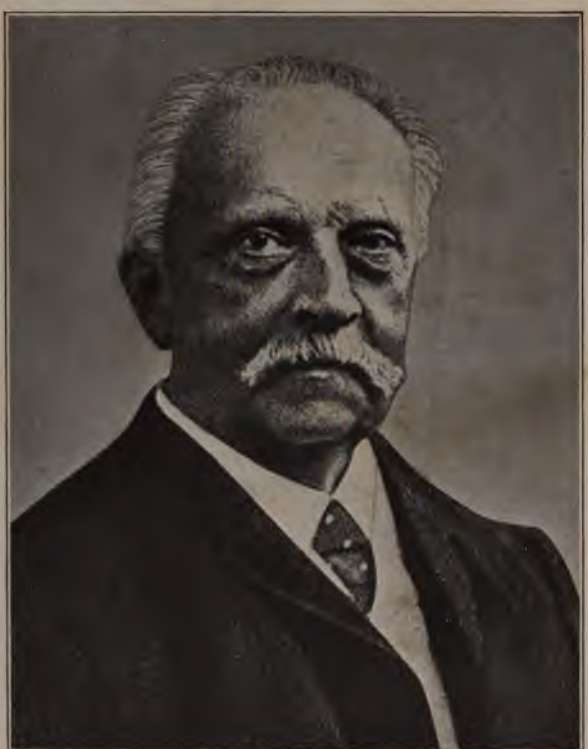


Rex Kennedy
1923

A. Clinton Crowell

1922

Ray Kennedy
1923



HERMANN LUDWIG VON HELMHOLTZ

(1821–1894), Mathematiker, Physiker, Arzt, Anatomiker und Psycholog: vielleicht der vielseitigste Naturforscher aller Zeiten

Heath's Modern Language Series

TECHNICAL AND SCIENTIFIC GERMAN

BY

E. V. GREENFIELD, A.M.

ASSOCIATE PROFESSOR OF GERMAN, PURDUE UNIVERSITY

REVISED EDITION

D. C. HEATH & COMPANY, PUBLISHERS

BOSTON NEW YORK CHICAGO

COPYRIGHT, 1916
BY E. V. GREENFIELD
COPYRIGHT, 1922
BY D. C. HEATH & CO.

2I2

Printed in U. S. A.

PREFACE

THE comparatively large number and the excellence of the German Science Readers now in use, justify inquiry as to the desirability of offering still another book in this field.

In teaching Scientific German, it has been more and more forcibly impressed upon me that the interest and efficiency of these courses could be greatly increased by a textbook containing a number of articles of a generally scientific nature and yet somewhat off the beaten path of the natural sciences; for the main purpose of a course in Scientific German is not primarily to teach the elements of science, but to create in the student the desire and conscious ability to read, with both pleasure and profit, German books and magazines of a scientific nature. To this end, a large number of the articles have been selected, after painstaking care and consideration as to their ease of translation and general interest to the student of science, from complete files 1909–1914 of *Die Welt der Technik*, Atlasverlag, Berlin.

Considerable material has also been taken from the following books: (1) *Allgemeine und physikalische Chemie* by Prof. Hugo Kauffmann, Vol. 71, Sammlung Göschen, G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Berlin; (2) *Anorganische Chemie* by C. Homann; (3) *Physik* by H. Zuschlag. The last two books are numbers 29 and 33

respectively of *Mentor-Repetitorien*, Mentor-Verlag, Berlin-Schöneberg.

To these various authors and publishers who have so generously granted me the privilege of collecting material from their books, I am most deeply indebted and grateful. Also I wish to express my thanks to my wife, Gudrida Buck Greenfield, and to my colleague, Dr. Maximilian Josef Rudwin, whose suggestions and criticisms have been of the greatest assistance.

E. V. GREENFIELD

PURDUE UNIVERSITY,
October, 1915

PREFACE TO THE REVISED EDITION

EVER since the publication of this Reader in 1916, repeated and urgent requests have been made that a considerable amount of text be added that would be of more direct interest and benefit to students specializing in Electrical and Mechanical Engineering. The present amplified edition containing sections devoted exclusively to these two sciences, is an acknowledgment of the justice of these requests.

Both Notes and Vocabulary have been revised so as to include all of the newly added reading-matter.

To the following authors and publishers, who have so kindly granted me the privilege of using excerpts from their works, I wish herewith to express my sincere thanks: Bruno Kolbe: *Einführung in die Elektrizitätslehre*, 2. Aufl.

1911, Verlag von Julius Springer, Berlin; H. Zuschlag, *Physik*, Mentor Verlag, Berlin, 1913; Adolf Donath: *Lehrbuch der Elektromechanik*, Verlag von Hermann Costenoble, Jena, 1912; W. Bermbach: *Der elektrische Strom* 3. Aufl., 1913, Verlag von Otto Wigand, Leipzig; *Dinglers Polytechnisches Journal*, Richard Dietze, Verlagsbuchhandlung, Berlin; *Die Welt der Technik*, Atlasverlag, Berlin; *Stahl und Eisen*, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.

ERIC V. GREENFIELD

PURDUE UNIVERSITY
March, 1922

TABLE OF CONTENTS

PAGE

INTRODUCTION ix

PHYSIK (Selections from *Physik* by H. Zuschlag; Mentor-Verlag, Berlin-Schöneberg)

1. Trägheit oder Beharrungsvermögen 1
2. Schwere, Schwerkraft, Gewicht 4
3. Wirkungen der Molekularkräfte 6
4. Die Mechanik 9
5. Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften . . 11
6. Gleichgewicht und Bewegung der flüssigen Körper . 14
7. Gleichgewicht und Bewegung der luftförmigen Körper 18
8. Akustik oder Lehre vom Schalle 20
9. Optik oder Lehre vom Lichte 25
10. Kalorik oder Lehre von der Wärme 32
11. Magnetismus 36

CHEMIE (Selections 12–15 are from *Anorganische Chemie* by C. Homann, Mentor-Verlag, Berlin-Schöneberg. Selections 16–22 are from *Allgemeine und physikalische Chemie* by Prof. Dr. Hugo Kauffmann, Vol. 71, Sammlung Göschen, G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Berlin)

12. Einleitendes 42
13. Molekül; Atom; Element 43
14. Verschiedene wichtige Gesetze 45
15. Theorie der Flamme 46
16. Die zwei Grundgesetze der Naturwissenschaften . . 49
17. Grundanschauungen der Atom- und Molekulartheorie 55
18. Die Aggregatzustände 60

PAGE

19. Die Lösungen 63
20. Lösungen fester Körper 65
21. Die festen Körper 69
22. Oberflächenspannung 71

SELECTIONS FROM „DIE WELT DER TECHNIK"

23. Die Erfindung des Zements 74
24. „Über das offene Meer" 78
25. Amerikanisches Erz und amerikanische Kohle 84
26. Die Vorräte von Eisenerz auf der Erde 94
27. Etwas von amerikanischer Reklame 97
28. Wie die „Titanic" jetzt aussehen mag 107
29. Im gesunkenen Unterseeboot 109
30. Drunter durch und drüber weg 113
31. Verkannt und Vergessen 120
32. Die Entwickelung des Kriegsschiffes 132
33. Mathematik 138
34. Erinnerungen an Robert Bunsen 140
35. Baukünstler 149
36. Über Wolkenkratzer und vom Woolworth-Gebäude. . 161
37. Technischer and wirtschaftlicher Fortschritt 172

ELEKTRIZITÄT

38. Vortrag über die Elektrizität 183
39. Berührungselektrizität oder Galvanismus 195
40. Begriff und Einheit der Stromstärke 204
41. Hypothesen über das Wesen der Elektrizität. 217
42. Dynamomaschinen 222
43. Elektrische Beleuchtung 245
44. Der Erdmagnetismus 261
45. Bücherschau (Elektrische Wechselströme) 265
46. Schluß 268

MECHANIK

47. Die Entwicklung der ortsfesten Riesenkrane 274
48. Schutz gegen Maschinenschäden 281
49. Die Entstehung der Westinghouse-Bremse. 291
50. Flußeiserne Lokomotivefeuerbüchsen 296
51. Die Energiequellen der Zukunft 304

52. Neues aus dem Gebiete der Kraftmaschinen 311
53. Über Ingenieurausbildung in den Vereinigten Staaten . 326

NOTES 335

VOCABULARY 367

ILLUSTRATIONS IN HALF TONE

HERMANN LUDWIG VON HELMHOLTZ . . . . . *Frontispiece*
ISAAK NEWTON 26
STRECKE AUF DER FLORIDA EAST COAST EISENBAHN 80
QUERSCHNITT DES ROHRSYSTEMS UNTER DEM HUDSONFLUSS . . . 118
ROBERT BUNSEN 144
MICHAEL FARADAY 210
MODERNE VERLADEANLAGE: EINE REIHE RIESENHAFTER KRANE 274
EINE QUELLE DER WEISSEN KOHLE 308
RIESENHAFTE TURBINENELEKTRIZITÄTSERZEUGER 308

INTRODUCTION

IN order to translate scientific German with any degree of facility and accuracy, it is absolutely essential that the student have a thorough knowledge of the participial construction and of word composition, both of which modes of expression, because of their conciseness, make especial appeal to the scientific mind and are made use of constantly.

The Participial Construction. Both the present and the perfect participle are employed in the participial construction. A few specific illustrations of the difference in the general arrangement of participial phrases in English and German may be helpful.

In einer viel Sauerstoff enthaltenden Atmosphäre, *in an atmosphere containing much oxygen.*

Die auf diese Weise entstehende Verbindung, *the compound arising in this way.*

Wegen der auf diese Oberfläche senkrecht wirkenden Kraft, *on account of the force acting vertically upon this surface.*

Trotz dieses von ihm entdeckten wichtigen Gesetzes, *in spite of this important law discovered by him.*

Eine am unteren Ende nach oben gebogene Glasröhre, *a glass tube bent upward at its lower end.*

In einen mit den oben beschriebenen Gasen gefüllten Kolben, *into a flask filled with the gases described above.*

Das von dieser bekannten Fabrik gewonnene Produkt, *the product obtained by this well-known factory.*

Beim Entzünden eines in richtigem Verhältnis hergestellten Gemisches von Wasserstoff und Sauerstoff, *on igniting a mixture composed of hydrogen and oxygen in the proper ratio.*

The present participle preceded by **zu** is used as a gerundive, with a future passive sense. Thus:

Die zu wiegenden Gegenstände, *the objects to be weighed.*

Nach der später zu beschreibenden Methode, *according to the method to be described later.*

In dem von uns morgen auszuführenden Versuch, *in the experiment to be carried out by us to-morrow.*

Die kaum zu übersehende Mannigfaltigkeit der sich hieraus ergebenden Verhältnisse, *the well-nigh infinite multiplicity of ratios resulting from this (condition).*

Note that in the English participial construction the object is usually first named and then described, whereas in German the participial description stands first, the object described being the last word in the phrase.

The following rule will usually give a good translation:

Translate (1) the preposition, if there is one; (2) the article; (3) the noun; (4) the participle; (5) the intervening words.

The participial phrase may always be translated as a relative clause, and in many cases this is the best solution of the difficulty.

Word Composition. The German language permits the compounding of words almost without restriction. These composite words, because of their compactness and conciseness, are especially adapted to the requirements of scientific literature, and occur in unusually rich abundance in chemical German.

The first impulse of the average student, on encountering these compounds, is to have recourse to the Vocabulary. However, these words are always composed of short root-stems, with which the student, on reflection, will usually find himself familiar. It is, therefore, strongly recommended that the student try to deduce independently and without recourse to the lexicon, the meaning of every compound word encoun-

tered. A word thus deciphered has an added interest, is something living, and is a permanent acquisition, whereas a word composed of very simple components may be slavishly thumbed after a score of times, and still acquire no place in memory outside of the sentence in which it occurs.

EXAMPLES: *Undurchsichtigkeit, Rückstand, Widerstandsfähigkeit, Zusammenhang, zahlreich, Spätfrühlingsnachmittag, Unabhängigkeit, Verwirklichung, Bromwasserstoffentwickelung, Eingang, Merkwürdigkeit, ausschließlich, Vorbereitungsschule, Anziehungskraft, Baumwolle, Gleichgewicht, Tatsache, durchschnittlich, Einfluß, Bestandteil.*

It is also of prime importance that the student clearly recognize the force of the prefixes and suffixes that occur most frequently.

A knowledge of these will not only prove a great economy in time and labor, but will add very materially to the student's interest in translation and in language study generally.

-bar, usually corresponding to the English suffixes *-able, -ible;* sichtbar, *visible;* denkbar, *conceivable;* brauchbar, *serviceable, useful;* brennbar, *combustible;* teilbar, *divisible;* fühlbar, *perceptible;* verwendbar, *applicable.*

-los, corresponding to English *-less;* herzlos, *heartless;* zahllos, *countless;* bewegungslos, *motionless;* treulos, *faithless;* kraftlos, *powerless;* rücksichtslos, *without consideration.*

-mäßig, signifying *in measure, moderate;* regelmäßig, *regular;* verhältnismäßig, *proportional, relative;* zweckmäßig, *suitable;* planmäßig, *systematic.*

un-, having usually a negative force; unfähig, *incapable, unable;* unerfahren, *inexperienced;* das Unglück, *misfortune;* unendlich, *infinite.*

ur-, usually signifying *primeval, ancient;* die Ursache, *cause;* der Urwald, *primeval forest;* uralt, *ancient;* das Urvolk, *primeval people;* ursprünglich, *original.*

A. Clinton Crowell

1922

Rex Kennedy
1923

Jede Veränderung im Zustande eines Körpers, d. i. in seiner Ruhe und Bewegung, bedarf eines äußeren Anlasses, einer Ursache oder Kraft. Jeder Körper beharrt so lange[1] im Zustande der Ruhe oder Bewegung, bis er durch eine äußere Ursache oder Kraft hieran gehindert wird. Diese Eigenschaft der Materie nennt man Beharrungsvermögen. Die Kraft, durch die der ruhende Körper in Bewegung gesetzt wird, kann eine momentan wirkende oder eine kontinuierlich wirkende sein.

Auf einen Körper können gleichzeitig auch mehrere Kräfte einwirken; geschieht diese Einwirkung in der Weise,[2] daß dadurch keine Bewegung hervorgerufen wird, so sind die Kräfte im Gleichgewicht.

Der Teil der Physik, der sich mit den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegungen der Körper beschäftigt, heißt Mechanik. Man unterscheidet Statik oder Lehre vom Gleichgewicht (flüssiger, luftförmiger Körper) und Dynamik oder Lehre von der Bewegung (flüssiger, luftförmiger Körper).

Ebenso wie eine Kraft nötig ist, um den Körper aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung und umgekehrt aus dem Zustande der Bewegung in den der Ruhe zu versetzen,[3] so kann auch die Geschwindigkeit und die Richtung der Bewegung nur durch eine äußere Kraft geändert werden; die Bewegung bleibt, wenn eine solche Kraft nicht einwirkt, eine gleichförmige und gradlinige. Eine Kraft, die auf einen in Bewegung befindlichen Körper einwirkt, wird die Geschwindigkeit desselben entweder vermehren, wenn sie in derselben Richtung des bewegten Körpers wirkt (die ursprüngliche Geschwindigkeit wird beschleunigt); oder vermindern,

wenn sie in entgegengesetzter Richtung des bewegten Körpers wirkt (die ursprüngliche Geschwindigkeit wird verlangsamt).

Die Richtung in der Bewegung kann nur dadurch[1] eine Änderung erfahren, daß auf den in Bewegung befindlichen Körper seitlich eine Kraft einwirkt, die ihn zwingt, von der ursprünglichen Richtung (d. i. von der gradlinigen Richtung) abzuweichen. Ein Körper, der aus irgendeiner Ursache genötigt ist, eine krummlinige Bahn zu durchlaufen, hat immer das Bestreben, die gerade Richtung anzunehmen; der Körper setzt also der Kraft, die ihn in seiner Bahn zurückhält, einen Widerstand entgegen; man nennt diese zurückhaltende Kraft Schwungkraft, Zentrifugalkraft.

Eine andere Erscheinung aus dem Beharrungsvermögen ist die Wahrnehmung, daß ein Körper, der sich um eine Achse frei dreht, das Bestreben hat, die Lage der Achse unverändert beizubehalten und der Kraft, die eine Änderung derselben erstrebt, einen Widerstand entgegenzusetzen.

Die Kraft selbst[2] kann man nicht wahrnehmen; man beurteilt ihre Größe nur (*a*) nach der Geschwindigkeit, in die sie den Körper versetzt, und (*b*) nach der Größe der Masse, die bewegt wird.

Das Maß für die Größe oder Intensität einer Kraft ergibt sich mithin aus der Größe der Wirkung, die sie hervorruft. Z. B. ist eine Kraft doppelt so groß als eine andere Kraft, wenn die durch die erstere Kraft in gleicher Zeit erzeugte Geschwindigkeit[3] eine doppelt so große ist.

H. Zuschlag, *Physik*, Seite 2; Mentor Verlag, Berlin.

II. Schwere, Schwerkraft und Gewicht

Befindet sich ein Körper in Ruhe auf der Erde, so setzt man ihn dadurch[1] in Bewegung, daß man ihm seine Unterlage nimmt: der Körper fällt. Die Kraft, durch die diese Veränderung im Zustande des Körpers hervorgerufen wird, heißt Schwere oder Schwerkraft.

Die Schwere oder Schwerkraft wirkt in der Richtung eines sich im Zustande der Ruhe befindenden Bleilotes, das immer und überall nach dem Mittelpunkt der Erde zeigt.

Die Schwere ist eine kontinuierlich wirkende Kraft: sie hört daher nicht etwa auf, wenn der Körper sich wieder im Zustande der Ruhe befindet, sondern äußert sich auch dann noch, und zwar durch den Druck, den der Körper auf seine Unterlage ausübt.

Die Größe des Druckes, den der ruhende Körper auf seine Unterlage ausübt, oder des Zuges, den die Verbindung des hängenden Körpers erleidet, heißt das Gewicht oder genauer das absolute Gewicht des Körpers. Das Gewicht nimmt zu[2] mit der Masse.

Zum Messen[3] des Gewichts oder zur Vergleichung der Massen zweier Körper wird die Wage gebraucht. Als Maßeinheit gilt das Gramm; hierunter versteht man das Gewicht eines Kubikzentimeters reinen Wassers im Zustande seiner größten Dichtigkeit (d. h. bei etwa $+4^{\circ}$ Celsius[4]).

Die Dichtigkeit der luftförmigen Körper vergleicht man gewöhnlich mit der der Luft oder des Wasserstoffgases, als des leichtesten aller luftförmigen Körper.

Alle Körper sind schwer, d. h. sie haben das Bestreben, sich in gerader Linie dem Mittelpunkte der Erde zu nähern. Diese Wirkung erfolgt durch die Schwerkraft oder die Anziehungskraft der Erde.

Die Eigenschaft der Schwere äußert sich bei den Körpern, die sich auf der Oberfläche der Erde oder in der Nähe derselben befinden, in dem Bestreben, sich in gerader Linie dem Mittelpunkte der Erde zu nähern; die Erde übt auf die Körper eine Anziehung aus. Diese Anziehung der Erde erstreckt sich nicht nur auf Körper, die sich in unmittelbarer Nähe des Erdballs befinden, sondern weit in den Weltraum hinein, z. B. niederfallende Meteorsteine. Die Anziehung ist nicht eine einseitig wirkende, wie dies bei einer oberflächlich angestellten Betrachtung den Anschein haben könnte, sondern die Körper ziehen sich gegenseitig an, z. B.: die Sonne zieht die Erde an und wird von der Erde angezogen.

Die gegenseitige Anziehung der Körper, besonders die der Himmelskörper, wird allgemeine Schwere oder Gravitation genannt. Bei den Himmelskörpern zeigt sich die Wirkung der Gravitation nicht in derselben Weise, wie bei den Körpern in der Nähe der Erde; dies liegt in einem Entgegenwirken anderer Kräfte.

Das vom Engländer Isaak Newton[1] erkannte Gesetz der Schwere, genannt Gravitationsgesetz, nach dem die gegenseitige Anziehung zweier Körper erfolgt, lautet: Die gegenseitige Anziehungskraft zweier Körper ist (*a*) direkt proportional den anziehenden Massen, (*b*) aber umgekehrt proportional den Quadraten der Entfernungen dieser Massen.

Erklärung: Die Masse der Erde ist ca. 45 mal so

groß als die des Mondes; mithin verhält sich nach obigem Gesetz die Anziehungskraft der Erde zu der des Mondes wie 45 : 1,[1] d. h. wenn allein die Anziehungskraft auf Erde und Mond einwirkte und die Erde feststände,[2] so würde der Mond eine 45 mal so große Strecke zur Erde hin in einem Zeitabschnitt zurücklegen, als in der gleichen Zeit im umgekehrten Falle (d. h. wenn der Mond feststände) die Erde zum Monde hin machen würde. — Setzt man die Entfernung des Merkur von der Sonne gleich 1, so beträgt die des Mars etwa gleich 4; betrachtet man ferner die Massen beider Planeten als gleich, so verhält sich auf Grund des zweiten Teils des Gravitationsgesetzes die Anziehungskraft, die die Sonne auf Merkur ausübt, zu der Anziehungskraft, die auf Mars einwirkt, wie[3] $4^2 : 1^2$ oder wie 16 : 1, d. h. mit anderen Worten, die Sonne müßte eine 16 mal größere Masse haben, als sie hat, damit[4] die Anziehung des Mars in gleichem Maße vor sich gehe wie die des Merkur.

Das Gesetz des Newton beweist die Richtigkeit der von Kepler[5] aufgestellten Sätze über die Bahnen und die Bewegung der Planeten.

H. Zuschlag, *Physik*, Seite 4; Mentor Verlag, Berlin.

III. Wirkungen der Molekularkräfte

1. Elastizität. Unter Elastizität versteht man die Fähigkeit eines Körpers, unter der Einwirkung einer äußeren Kraft, Gestalt und Volumen zu verändern und nach Aufhören betreffender[6] Kraft die ursprüngliche Gestalt und das gleiche Volumen wiederanzunehmen. Es gibt in der Natur weder vollkommen elastische Kör-

per, noch vollkommen unelastische Körper. Die größte Elastizität weisen die luftförmigen, geringe die flüssigen Körper auf; von den festen Körpern besitzen Kautschuk und gehärterter Stahl einen hohen Grad von Elastizität.

2. Kohäsion und Expansion. Den Zusammenhang der kleinsten Teilchen eines und desselben festen oder flüssigen Körpers nennt man Kohäsion. Die Erscheinung, daß die kleinsten Teilchen der luftförmigen Körper jeden ihnen dargebotenen Raum ausfüllen, wird Expansion genannt.

Als Ursachen der Kohäsion und Expansion betrachtet man anziehende und abstoßende Kräfte, mit denen die kleinsten Teilchen eines und desselben Körpers aufeinander wirken: Molekularkräfte. Die beiden Ausdrücke Kohäsion und Expansion gebraucht man auch wohl für die Molekularkräfte selbst.

Die Anziehungskräfte wirken (*a*) in festen Körpern am stärksten, (*b*) in flüssigen Körpern wenig, sie sind nahezu aufgehoben, (*c*) in luftförmigen Körpern gar nicht, sie sind ganz aufgehoben. Durch Wärme werden die anziehenden Molekularkräfte geschwächt, die abstoßenden verstärkt. Die Wasserdämpfe, die sich in Kochtöpfen entwickeln, können den Deckel der Töpfe aufheben; stark erhitzte Wasserdämpfe können Kessel zersprengen, Maschinen treiben u. a.

3. Adhäsion. Man nimmt häufig wahr, daß zwei Körper aneinanderhaften, wenn man sie in gegenseitige Berührung bringt, z. B.: Tinte haftet an der Feder, Staub an den Wänden, Siegellack am Papier. Die Erscheinung, daß zwei Körper bei Berührung aneinanderhaften, heißt Adhäsion oder Flächenanziehung. Als Ursache der Adhäsion sieht man die Anziehungskraft an,

mit der die Moleküle verschiedener Körper, die einander sehr nahe gebracht sind, aufeinander einwirken. Auf Adhäsion beruht z. B. das Zeichnen,[1] Malen, Schreiben, Anstreichen, Vergolden, Versilbern usw.

4. Kapillarität oder Haarröhrchenanziehung. Wird ein Schwamm oder Löschpapier zum Teil in Wasser getaucht, so dringt das Wasser in die Poren des eingetauchten Körpers und steigt in demselben sogar über die Oberfläche des Wassers hinauf. Benutzt man statt Wasser Quecksilber, so tritt diese Erscheinung nicht ein, weil jene Körper von Quecksilber nicht benetzt werden. Taucht man zwei Glasröhren, von denen die eine bedeutend enger ist als die andere, zuerst in Wasser, dann in Quecksilber, so ergeben sich entgegengesetzte Erscheinungen.

(*a*) Das Wasser steht in beiden Röhren höher als im Gefäße, das Quecksilber tiefer als im Gefäße; dieser Unterschied ist in der engeren Röhre größer.

(*b*) Die Wasseroberfläche ist in beiden Röhren in der Mitte vertieft, die Quecksilberoberfläche erhaben. Dies erklärt sich daraus,[2] daß die Adhäsion des Wassers zum Glase größer ist als die Kohäsion des Wassers; daß beim Quecksilber dagegen die Kohäsion überwiegt. Sehr enge Röhrchen werden Kapillarröhren oder Haarröhrchen genannt.

5. Absorption. Holzkohle besitzt in hohem Grade das Vermögen, Gase, besonders Kohlensäure, aufzusaugen oder zu absorbieren. Auch Flüssigkeiten absorbieren sehr leicht[3] Gase; auf dieser Absorption beruht der Kohlensäuregehalt des Brunnenwassers und die

künstliche Herstellung von Sauerbrunnen. Manche Körper, z. B. Holz, Ackererde, Darmsaiten, saugen Wasserdämpfe aus der Luft auf; man nennt diese Körper deshalb hygroskopisch.

Die Kohle hat die Eigenschaft, im Wasser gelöste übelriechende Stoffe und Farbstoffe festzuhalten; hierauf beruht (*a*) die Anwendung der Holzkohle zum Filtrieren von Trinkwasser, (*b*) die Anwendung der Knochenkohle zum Entfärben von Flüssigkeiten.

6. Diffusion. Manche Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Weingeist, mischen sich miteinander, dagegen gehen wieder andere, z. B. Wasser und Öl, keine Mischung ein. Eine Mischung von Flüssigkeiten und Gasen findet häufig auch dann noch statt, wenn sie durch eine poröse Scheidewand voneinander getrennt sind. Dieser Vorgang heißt Diffusion; er hat große Bedeutung für die Ernährung und Atmung der Pflanzen und Tiere.

H. ZUSCHLAG, *Physik*, Seite 6; Mentor Verlag, Berlin.

IV. Die Mechanik

Jede Vorrichtung, die den Zweck hat, eine Kraft in vorteilhafter Weise auf eine Last zu übertragen, heißt Maschine.

Hebel, Rolle, Wellrad, schiefe Ebene, Keil und Schraube sind Maschinen; sie heißen einfache Maschinen, weil sie sich nicht wieder in maschinenartige Vorrichtungen zerlegen lassen. Die sechs einfachen Maschinen sind die hauptsächlichsten Bestandteile aller zusammengesetzten Maschinen.

Es hat sich ferner herausgestellt, daß bei Anwendung

der sechs einfachen Maschinen mit jeder Krafterspamis ein mechanischer Nachteil verbunden ist, indem der Weg, auf dem die Kraft den Widerstand der Last überwindet, gleichzeitig mit der Ersparnis an Kraft und Größe zunimmt. In dieser Hinsicht gilt überhaupt der Satz: Bei einer Maschine wird an Kraft gewonnen, was am Wege verloren geht; oder, der mechanische Vorteil ist immer gleich dem mechanischen Nachteil (Goldene Regel der Mechanik).

Die Größe der Kraft, durch die mit oder ohne Maschine ein Druck oder Zug ausgeübt wird, wird in Gewichtseinheiten ausgedrückt. „Eine Kraft ist gleich 1 Pfund" soll heißen:[1] Die Kraft ist so groß, daß sie in ihrer Richtung, d. i. in der Richtung, in der sie wirkt, einen Druck oder Zug hervorbringt, der ebenso groß ist wie der, den ein Körper von 1 Pfund Gewicht in lotrechter Richtung ausübt. Eine solche Kraft heißt Krafteinheit.

Eine Kraft übt in jedem Punkte ihres Weges einen Druck oder Zug aus, indem sie einen Widerstand überwindet, z. B. eine Feder spannt, einen Stein hebt, einen Wagen oder Pflug zieht; die Kraft überwindet mithin auf einer gewissen Strecke einen Widerstand. Eine solche Kraftwirkung wird als mechanische Arbeit oder kurz als Arbeit bezeichnet.

Die Größe der mechanischen Arbeit ist abhängig:

(*a*) nicht allein von der Größe des überwundenen Widerstandes,

(*b*) sondern auch von der Größe der Strecke, auf der der Widerstand überwunden wurde;

die mechanische Arbeit wächst mit Widerstand und Strecke in gleichem Verhältnis.

Unter Arbeitseinheit versteht man die Arbeit, die verrichtet wird, wenn eine Last von 1 kg 1 m hoch gehoben wird, d. h. wenn überhaupt ein Widerstand von 1 kg auf einem Wege von 1 m überwunden wird: Meterkilogramm (mkg).

In allen Fällen, in denen eine bedeutende mechanische Arbeit geleistet wird, z. B. bei Dampfmaschinen, bedient man sich der sogenannten Pferdekraft (Pferdestärke) als Maß für geleistete Arbeit. Unter einer Pferdekraft versteht man eine Arbeitsleistung von 75 mkg in einer Sekunde.

H. Zuschlag, *Physik*, Seite 15; Mentor Verlag, Berlin.

V. Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften

In vielen Fällen ist die Bewegung eines Körpers ein Ergebnis von dem Zusammenwirken zweier [1] oder mehrerer Kräfte, z. B. das Fortziehen eines Wagens durch mehrere Zugkräfte, die Fortbewegung eines Segelschiffes durch Wind und Strömung.

Man kann sich [2] diese Kräfte durch eine einzige Kraft, die Mittelkraft, ersetzt denken, durch die allein ganz dieselbe Wirkung hervorgebracht wird, wie die einzelnen Kräfte, die Seitenkräfte, zusammengenommen hervorbringen. Die Richtung der Mittelkraft ist von Richtung und von Größe der Seitenkräfte abhängig.

Sind z. B. zwei Zugkräfte, die einen Wagen in gleicher Richtung fortziehen, durch eine einzige Kraft zu ersetzen,[3] durch die der Wagen ebenso schnell bewegt wird, so muß diese Kraft so stark sein, wie jene beiden

Kräfte zusammengenommen stark sind. Ein Boot, das durch Rudern in der Richtung der Strömung fortbewegt wird, kann denselben Weg auf in Ruhe befindlichem Wasser[1] nur dann zurücklegen, wenn die Ruderkraft[2] gegen vorher vergrößert wird um die von der Strömung ausgeübte Kraft.

Kräfte, die in gleicher Richtung auf einen Körper wirken, lassen sich durch eine ebenso gerichtete Kraft ersetzen, deren Größe der Summe der Einzelkräfte gleich ist.

Wenn zwei Kräfte in gerade entgegengesetzter Richtung auf einen Körper einwirken, wenn z. B. bei einem Boote die Ruderkraft der Strömung gerade entgegenwirkt, so erfolgt eine Bewegung in der Richtung, die die größere Kraft hat. In der Richtung der größeren Kraft muß die Ruderkraft auch dann wirken, wenn sie beide Kräfte, Strömung und Ruderkraft, ersetzen soll; sie kann jedoch um[3] die Kraft der Strömung kleiner sein, wenn der Kahn in derselben Zeit um die gleiche Strecke auf stillstehendem Wasser fortgerudert werden soll.

Zwei einander gerade entgegenwirkende Kräfte lassen sich durch eine in der Richtung der größeren wirkende Kraft ersetzen, deren[4] Größe gleich dem Unterschiede beider Kräfte ist.

Wirken beide Kräfte, Ruderkraft und Strömung, unter einem Winkel auf das Boot ein, so würde sich der Kahn weder in der Richtung der Ruderkraft, noch in der Richtung der Strömung, sondern in der Richtung der Diagonale eines Parallelogramms bewegen, dessen Seiten Richtung und Stärke der Seitenkräfte (Ruderkraft, Strömung) ausdrücken.

Wirken zwei Kräfte unter einem Winkel zu gleicher

Zeit auf einen Körper ein, so werden Richtung und Stärke ihrer Mittelkraft durch die Diagonale eines Parallelogramms dargestellt, dessen Seiten Richtung und Stärke der Seitenkräfte ausdrücken: Parallelogramm der Kräfte.

Wird davon abgesehen,[1] daß die von einem Körper in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege zugleich auch als ein Maß für die Kräfte dienen, so wird das aus den Wegen erhaltene Parallelogramm als Parallelogramm der Bewegung bezeichnet.

Wie sich für zwei oder mehrere Kräfte eine Mittelkraft finden läßt, so läßt sich auch eine gegebene Kraft in Seitenkräfte zerlegen. Dies geschieht auf einfachstem Wege, wenn die gesuchten Kräfte in gleicher Richtung oder in gerade entgegengesetzter Richtung wirken sollen. Ist eine Kraft durch zwei unter einem Winkel wirkende Kräfte zu ersetzen, deren Richtungen gegeben sind, so werden die Seitenkräfte gefunden, indem man die gegebene Kraft als Diagonale eines Parallelogramms ansieht, durch dessen Seiten die Seitenkräfte dargestellt werden.

Eine Kraft läßt sich in zwei einen Winkel einschließende Seitenkräfte zerlegen durch Zeichnung eines Parallelogramms, in dem die Diagonale die gegebene Kraft bedeutet und die anstoßenden Seiten die zu ermittelnden Kräfte[2] darstellen.

In manchen Fällen muß auch eine Kraft zweimal zerlegt werden, um über ihre Wirkung ein richtiges Urteil bilden zu können.

H. Zuschlag, *Physik*, Seite 21; Mentor Verlag, Berlin.

VI. Gleichgewicht und Bewegung der flüssigen Körper

1. Freie Oberfläche. Die Oberfläche einer Flüssigkeit, die sich in Ruhe befindet, bildet bei jeder Stellung des Gefäßes eine wagerechte Ebene. Diese Erscheinung bleibt dieselbe, wenn die Flüssigkeit durch Eintauchen eines Körpers in mehrere Abteilungen geschieden oder in ein Gefäß gegossen wird, das aus zwei oder mehr Gefäßen zusammengesetzt ist, welche miteinander verbunden sind, z. B. Kaffeekannen, Teekannen.

Zusammengesetzte Gefäße, deren Teile so miteinander in Verbindung stehen, daß eine Flüssigkeit ungehindert aus dem einen Gefäß in das andere fließen kann, heißen kommunizierende Gefäße. In kommunizierenden Gefäßen liegen die freien Oberflächen einer Flüssigkeit, die sich in völliger Ruhe befindet, in derselben wagerechten Ebene.

Diese Erscheinungen sind erklärlich aus der Schwere und der vollkommen leichten Verschiebbarkeit der Flüssigkeitsteilchen. Jeder Punkt der Oberfläche einer in Ruhe befindlichen Flüssigkeit muß vom Mittelpunkte der Erde gleich weit entfernt sein, denn bei ungleichem Abstande würden die höher gelegenen Teilchen in die tiefer liegenden Stellen hinabgleiten. Es[1] müssen also kleine Flüssigkeitsmengen eben erscheinen, große Flüssigkeitsmengen aber kugelförmig gekrümmt erscheinen. Getrennte Oberflächen müssen, solange der Zusammenhang der Flüssigkeit nicht ganz aufgehoben ist, als Teile einer und derselben Oberfläche erscheinen.

2. Druck und Bewegung der Flüssigkeiten infolge Einflusses der Schwere. Die Wände eines mit Flüssigkeit gefüllten Gefäßes erleiden durch die Flüssigkeit einen Druck; dieser Druck nimmt mit der Tiefe zu. Dasselbe gilt auch für Körper, die in eine Flüssigkeit getaucht werden. Z. B. dringt in leck gewordene Schiffe[1] das Wasser um so[2] stärker ein, je tiefer die schadhaft gewordene Stelle unter dem Wasserspiegel liegt.

Flüssigkeiten üben nicht nur auf den Boden und die Seitenwand der Gefäße, sondern auch auf ihre eigenen Teilchen nach allen Richtungen einen gleich starken Druck aus, der mit der Tiefe zunimmt.

Hebt man den Druck einer Flüssigkeit auf die Wand ihres Gefäßes an einer Stelle dadurch[3] auf, daß man sie ausfließen läßt, so verschiebt sich das Gefäß,[4] wenn es genügend beweglich ist, leicht nach der entgegengesetzten Seite. Dies wird durch den Druck der Flüssigkeit veranlaßt, den die Wand des Gefäßes gegenüber der Öffnung erleidet. Wenn das Gefäß um eine senkrechte Achse drehbar ist (wenn es z. B. an einem Faden hängt), so tritt eine Drehung desselben ein, die der Richtung des Ausflusses entgegengesetzt ist.

Der Rückstoß des ausfließenden Wassers wird zur Drehung von Reaktionsrädern (Reaktionsturbinen) verwandt.

Die eigentlichen Turbinen oder wagerechten Wasserräder werden durch den Stoß fließenden Wassers getrieben. Bei den Rädern und Schrauben der Dampfschiffe wirkt dagegen der Stoß des bewegten Rades oder der Schraube gegen die ruhende Wassermasse.

3. Fortpflanzung äußeren Druckes und die hydraulische Presse. Ein auf eine eingeschlossene Flüssigkeit

ausgeübter Druck pflanzt sich nach allen Richtungen gleichmäßig fort, d. h. jede Fläche, die so groß wie die gedrückte ist, erleidet einen gleich starken Druck. (Beispiel: Druck auf einen mit Wasser gefüllten Gummiball.)

Auf dieser gleichmäßigen Fortpflanzung des Druckes beruht die hydraulische Presse, eine Vorrichtung, vermittelst derer unter Anwendung von Wasserröhren ein bedeutender Druck ausgeübt wird. In jedem der beiden Zylinder befindet sich ein Kolben. Der enge Zylinder bildet mit[1] dem Kolben zusammen eine Druckpumpe, vermittelst derer Wasser in den weiten Zylinder gepumpt werden kann. Dadurch wird der in diesem Zylinder befindliche verschiebbare Preßkolben gehoben.

Beispiel für die Berechnung des Druckes. Wenn der Querschnitt des Preßkolbens einhundertmal so groß als der des Pumpenkolbens ist, so ist der Druck, der durch das Wasser von unten nach oben ausgeübt wird, einhundertmal so groß als der Druck, der vermittelst des Pumpenkolbens auf das Wasser wirkt. Wird der Pumpenkolben durch einen Hebel bewegt, dessen Kraftarm zirka sechsmal so lang ist als der Lastarm, so ist der auf den Preßkolben ausgeübte Druck sechshundertmal so groß als die Kraft, die am Hebel wirkt. Wird durch das Wasser der Preßkolben 1 mm gehoben, so betragen die Wege, die beim Niederdrücken des Hebels von der Kraft zurückgelegt werden, 600 mm.

Hydraulische Pressen wendet man an zum Pressen von Heu, Papier, zum Heben bedeutender Lasten (hydraulische Winden und Aufzüge) und zum Krümmen von Schiffspanzerplatten.

4. Größe des Bodendruckes der Flüssigkeiten. Der von einer Flüssigkeit auf den Boden des Gefäßes aus-

geübte Druck ist unabhängig von der Form und Weite des Gefäßes und gleich dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule, die den Boden des Gefäßes zur Grundfläche, und den Abstand des Flüssigkeitsspiegels vom Boden zur Höhe hat. Ist z. B. der Boden eines 2 m hoch mit Wasser gefüllten Gefäßes 400 qm groß, so erleidet er einen Druck von $400 \times 200 = 80{,}000$ g = 80 kg,[1] wobei nicht in Betracht kommt,[2] ob das Gefäß nach oben weiter als unten ist, nach oben ebenso weit ist als unten oder nach oben enger ist als unten.

5. Gewichtsverlust fester Körper in Flüssigkeiten. Ein Körper verliert (scheinbar), wenn er in eine Flüssigkeit eingetaucht wird, so viel von seinem Gewichte, wie das Gewicht der Flüssigkeit beträgt, die er verdrängt: Archimedisches Prinzip. Der Gewichtsverlust kommt daher, daß der aufwärts gerichtete Druck um das Gewicht der Flüssigkeit, die der Körper verdrängt, größer ist als der abwärts gerichtete Druck; während die Seitenkräfte, die auf den Körper einwirken, sich aufheben. Der Überdruck, den ein Körper nach oben erleidet, wird Auftrieb genannt. Der Auftrieb ist gleich dem Verluste an Gewicht, den der untergetauchte Körper erleidet.

Ist der Gewichtsverlust eines Körpers größer als sein Gewicht, so folgt der Körper dem Auftriebe und steigt in der Flüssigkeit auf (Schwimmen). Ist der Gewichtsverlust eines Körpers kleiner als sein Gewicht, so sinkt der Körper in der Flüssigkeit. Das Gewicht der Flüssigkeit, die von einem schwimmenden Körper verdrängt wird, ist gleich dem Gewichte des Körpers.

6. Spezifisches Gewicht. Genaue Wägungen haben ergeben, daß gleiche Raumteile verschiedener Körper, je nachdem ihr Stoff beschaffen ist, ein ganz verschiedenes

Gewicht haben. Das Gewicht der Raumeinheit (des Kubikzentimeters) eines Körpers, in Grammen ausgedrückt, heißt sein spezifisches Gewicht. Weil 1 cm reines Wasser 1 g wiegt, kann man auch sagen: Das spezifische Gewicht eines Körpers gibt an, wievielmal so groß das absolute Gewicht des Körpers ist, als das Gewicht eines gleich großen Raumteiles Wasser.

Übersicht über die spezifischen Gewichte einiger Körper:

Gold 19,3	Kupfer 8,9	Diamant 3,5
Blei 11,4	Zinn 7,3	Marmor 2,8
Silber 10,5	Aluminium 2,3	Quecksilber 13,6

Das spezifische Gewicht eines festen Körpers kann also in der Weise[1] bestimmt werden, daß man durch Abwägen des Körpers unter Wasser seinen Gewichtsverlust ermittelt und das absolute Gewicht des Körpers durch den Gewichtsverlust dividiert.

H. Zuschlag, *Physik*, Seite 21; Mentor Verlag, Berlin.

VII. Gleichgewicht und Bewegung der luftförmigen Körper

1. Druck der Luft. Die Luft hat mit den Flüssigkeiten nicht nur die Schwere, sondern auch die Eigenschaften gemeinsam, daß ihre Teilchen leicht verschiebbar sind. Infolgedessen läßt sich erwarten,[2] daß jeder Körper, der von Luft umgeben ist, durch diese von allen Seiten einen Druck erleidet. Dies bestätigen gewisse Erscheinungen, z. B.:

(*a*) Aus einem ganz mit Wasser gefüllten[3] und darauf

mit einem Blatt Papier überdeckten Glase fließt das Wasser nicht aus, wenn das Glas umgekehrt gehalten und das Blatt während des Umkehrens mit der flachen Hand festgehalten wird.

(*b*) Auffälliger ist die Erscheinung, daß eine Flüssigkeit aus einem Gefäße, das eine enge Öffnung hat, nicht ausfließt, wenn man das Gefäß durch den aufgelegten Finger verschließt, z. B.: der Stechheber.

Die Luft übt infolge ihrer Schwere nach allen Seiten einen Druck aus.

Die erörterten Erscheinungen haben ihren Grund darin, daß die Erde von einer Lufthülle umgeben ist; es wird angenommen, daß diese Lufthülle, genannt Atmosphäre, etwa 10 Meilen hoch ist. Je höher man sich z. B. in einem Luftballon über die Erde erhebt, desto kleiner ist die Luftmasse, die von oben drückt, desto geringer ist also ihr Druck. Der Druck der Luft nimmt mit der Höhe ab. Ist vom Luftdruck schlechthin die Rede, so ist immer der Druck der Atmosphäre gemeint.

Daß wir unter gewöhnlichen Umständen keine Einwirkung des Luftdruckes auf unsern Körper empfinden, ist daher erklärlich, daß durch die im Körper befindliche Luft der äußeren Luft[1] das Gleichgewicht gehalten wird.

2. Druck eingeschlossener Luft. Eingeschlossene luftförmige Körper üben vermöge ihrer Ausdehnbarkeit nach allen Seiten einen Druck aus; derselbe nimmt mit der Verkleinerung des Raumes zu, mit der Vergrößerung des Raumes ab; dieser Druck heißt Spannung.

Instrumente, die den Zweck haben, die Spannung ein-

geschlossener Gase oder Dämpfe zu bestimmen, werden Manometer genannt.

Die Spannkraft eingeschlossener oder verdichteter Luft wird bei geräuschlosen Türschließern, bei den Luftreifen der Fahrräder, bei den Luftpuffern der Eisenbahnwagen angewandt.

Der Saugheber oder Winkelheber ist eine knieförmig gebogene Röhre; dieselbe wird mit ihrem kürzeren Schenkel in die zu hebende Flüssigkeit [1] eingetaucht und dann durch Saugen mit dem Munde luftleer gemacht. Die zu hebende Flüssigkeit steigt dann im eingetauchten Schenkel hinauf und fließt durch den längeren Schenkel aus. Das Ausfließen geschieht nur so lange, als die Mündung des längeren Schenkels tiefer liegt als der Flüssigkeitsspiegel im Gefäße.

H. ZUSCHLAG, *Physik*, Seite 24; Mentor Verlag, Berlin.

VIII. Akustik oder Lehre vom Schalle

Alle Sinneseindrücke, die mit dem Gehör wahrgenommen werden, bezeichnet man als Schall. Ein Schall von bestimmter Höhe oder Tiefe heißt Ton. Ein kurzer und kräftiger Schall heißt Knall. Eine unregelmäßige, schnelle Folge von Schallen, die verschieden stark sind, wird Geräusch genannt. Der Schall entsteht durch schnell aufeinander folgende Schwingungen eines elastischen Körpers, des Schallerregers. In der Luft kann ein Schall von allen Seiten gehört werden; infolgedessen gilt der Satz: Der Schall pflanzt sich in der Luft nach allen Richtungen fort.

Ebenso wie die Luft besitzen auch feste und flüssige

Körper die Fähigkeit, den Schall fortzupflanzen. Die festen und flüssigen Körper leiten den Schall meist besser als die Luft. Feste Körper besitzen um so weniger die Fähigkeit, den Schall zu erregen und fortzupflanzen, je geringer ihre Elastizität ist. Weiche, lockere Stoffe, z. B. Watte, Federn, Filz schwächen den Schall stark ab. Man verwendet daher solche Stoffe zur Schalldämpfung, z. B. zum Ausfüllen der Doppelwände in Fernsprechräumen; zur Dämpfung der Töne im Pianoforte nimmt man Filzplatten. Die Luft leitet den Schall um so besser, je dichter sie ist; um so schlechter, je dünner sie ist.

Der Schall hat vom Orte seiner Entstehung bis zu unserem Ohre eine Strecke zurückzulegen; zu seiner Fortpflanzung ist eine gewisse Zeit erforderlich; hierüber gilt der Satz: Der Schall braucht zu seiner Fortpflanzung stets eine gewisse Zeit; in ruhiger Luft pflanzt er sich in einer Sekunde etwa 340 m fort.

Wenn man in einiger Entfernung einem Walde gegenübersteht, so kommt ein laut gesprochenes Wort vom Walde her in der Weise wieder zurück, als ob es eine zweite Person noch einmal gesagt hätte. Dieselbe Wahrnehmung macht man oft an Felswänden, in großen Sälen, Gewölben, usw. Derartige Erscheinungen entstehen dadurch,[1] daß der Schall von der Wand, gegen die er gerichtet ist, zurückgeworfen wird (ähnlich wie der helle Schein des Sonnenlichts durch einen Spiegel). Der Winkel, um den der Einfallsstrahl von dem z. B. gegen eine Wand gerichteten Einfallslote abweicht, heißt Einfallswinkel. Der Winkel, um den der zurückgeworfene Strahl von dem z. B. gegen eine Wand gerichteten Einfallslote abweicht, heißt Ausfallswinkel oder Re-

flexionswinkel. Der Ausfallswinkel ist gleich dem Einfallswinkel.

Läßt sich der zurückgeworfene Schall von dem ursprünglichen Schalle deutlich unterscheiden, so heißt die Erscheinung Echo oder Widerhall. Hört man aber den zurückgeworfenen Schall schon, bevor der ursprüngliche Schall im Ohre völlig verklungen ist, so daß beide Schalle noch zum Teile zusammenfallen, so heißt die Erscheinung Nachhall.

Fortpflanzung des Schalles in der Luft. Der Schall pflanzt sich in der Luft fort durch hin- [1] und hergehende Schwingungen der Luftteilchen. Die Luftteilchen, die in der Richtung des erhaltenen Stoßes um eine gewisse Strecke fortbewegt werden, kehren mit dem Schallerreger jedesmal wieder um, nachdem sie ihre Bewegung auf die benachbarten Luftteilchen übertragen haben. Diese schwingende Bewegung geht von einer Luftschicht zur andern in schneller Aufeinanderfolge fort; dadurch entstehen Luftverdichtungen und Luftverdünnungen. Die Luft pflanzt den Schall durch Schwingungen fort, wodurch abwechselnd Luftverdichtungen und Luftverdünnungen entstehen. Eine einzelne verdichtete Luftschicht mit der sich an sie unmittelbar anschließenden verdünnten Luftschicht heißt Schallwelle. Die Schallwellen breiten sich in der Luft nach allen Richtungen aus: Schallstrahlen.

Tonhöhe. Die Höhe der Töne ist (*a*) von der Natur und Beschaffenheit der Schallerreger völlig unabhängig, (*b*) nur durch die Zahl der Schwingungen bedingt. Jeder Ton entsteht durch eine bestimmte Anzahl regelmäßig aufeinander folgender Schwingungen. Die Höhe eines Tones nimmt mit der Anzahl der Schwingungen zu.

Das Verhältnis der Schwingungszahlen zweier Töne nennt man Intervall, den tieferen der beiden Töne Grundton.

Die Schwingungszahlen der Töne der Tonleiter stehen zueinander in folgendem Verhältnis:

c : d : e : f : g : a : b : c^1

wie 24 : 27 : 30 : 32 : 36 : 40 : 45 : 48

oder wie[2] 1 : 9/8 : 5/4 : 4/3 : 3/2 : 5/3 : 15/8 : 2

Die Namen der Intervalle sind Grundton, Sekunde, Terz, Quarte, Quinte, Sexte, Septime, Oktave.

Die Schwingungszahl für das eingestrichene a der Stimmgabel nach der jetzt gültigen Normalstimmung beträgt 435 (sogenannter Kammerton), d. h. die Äste der Stimmgabel machen in dem kurzen Zeitraum von einer Sekunde 435 Hin- und Herbewegungen oder Doppelschwingungen.

Tönende Saiten. Bei Klavieren, Geigen, Zithern und anderen Instrumenten entstehen die Töne durch das Schwingen von Saiten, und zwar, die tiefen Töne durch dicke Saiten, die hohen Töne durch dünne Saiten; bei einigen Instrumenten sind die tiefer klingenden Saiten bedeutend länger als die anderen. Bei allen Saiteninstrumenten wird der Ton durch stärkeres Anspannen der Saiten erhöht. Genauere Beobachtungen lehren: eine Saite erzeugt um so höhere Töne, je kürzer und dünner sie ist und je stärker sie angespannt ist. Metallsaiten erzeugen tiefere Töne als Darmsaiten von gleicher Länge und Dicke, die ebenso stark gespannt sind.

Die Saiten durchschneiden beim Schwingen die Luft, ohne sie stark zu erschüttern, infolgedessen sind ihre Töne nur sehr schwach (wie bei der in der freien Hand gehaltenen Stimmgabel). Die von den Saiten erzeugten

Töne würden also für die Zwecke der Musik völlig unbrauchbar sein, wenn man sie nicht verstärken könnte. Diese Verstärkung geschieht, indem[1] man die Saiten über dünne Holzplatten oder Kästen mit dünnen Wänden spannt. Dadurch bewirkt man ein Mitschwingen des festen Holzes und der eingeschlossenen Luftmasse, wodurch die Töne erst die nötige Kraft und Fülle erhalten. Diese Art der Tonverstärkung nennt man Resonanz.

Jede Saite kann sowohl als Ganzes, als auch zugleich in Teilen schwingen. Ein scharfes und geübtes Ohr kann beispielsweise in jedem Tone eines Klaviers außer dem starken Tone noch schwach klingende höhere Töne unterscheiden. Diese schwach klingenden höheren Töne können auch für sich allein dadurch erzeugt werden, daß man die Saite an bestimmten Stellen leise mit dem Finger oder mit einem Haarpinsel berührt und dann ertönen läßt; man nennt diese Töne Neben- oder Obertöne.

Wie die Erfahrung lehrt, kann man außer der Höhe und Stärke an den Tönen auch noch etwas anderes unterscheiden, wodurch sie als Töne eines bestimmten Tonerregers gekennzeichnet werden. So hat ein und derselbe Ton ganz verschiedenen Klang, je nachdem er auf einer Flöte oder einer Trompete geblasen, gesungen, auf einem Klavier angeschlagen, auf einer Geige angestrichen wird usw. Dieser Charakter der Töne, der von der Beschaffenheit des Tonerregers abhängig ist, heißt Klangfarbe.

H. ZUSCHLAG, *Physik*, Seite 29; Mentor Verlag, Berlin.

IX. Optik oder Lehre vom Lichte

Unter Licht versteht man die Ursache des Sichtbarwerdens der Körper. Körper, die durch eigenes Licht sichtbar werden (z. B. die Sonne und die Fixsterne), heißen selbstleuchtende Körper (Lichtquellen). Körper, denen die Eigenschaft des Selbstleuchtens fehlt, heißen dunkle Körper. Die Hauptlichtquelle für die Erde ist die Sonne; das Sonnenlicht ist viele Millionen mal so stark als das Licht der meisten Fixsterne. Irdische Körper können, wenn sie erhitzt werden, zu Lichtquellen werden.

Nicht selbstleuchtende Körper sind:

(*a*) entweder durchsichtig, d. h. sie lassen so viel Licht durch, daß man durch sie hindurch[1] Gegenstände deutlich sehen oder erkennen kann;

(*b*) oder durchscheinend, d. h. sie lassen nur einen kleinen Teil des auffallenden Lichtes hindurch;

(*c*) oder undurchsichtig, d. h. sie sind für Licht undurchdringlich.

Die Geschwindigkeit, mit der sich das Licht im Raume verbreitet, beträgt 300 000 km oder 40 000 Meilen in einer Sekunde.

ZURÜCKWERFUNG DES LICHTES DURCH EBENE SPIEGEL

Glatte Flächen, die das Licht in der Weise zurückwerfen, daß man von den vor ihnen befindlichen Gegenständen Bilder sieht, werden spiegelnde Flächen genannt.

Lichtstrahlen werden von einem ebenen Spiegel unter demselben Winkel zurückgeworfen, unter dem sie ein-

fallen. Der vom Einfallsstrahle und dem Einfallslote gebildete Winkel heißt Einfallswinkel. Der vom Einfallslote und dem zurückgeworfenen Strahle gebildete Winkel heißt Ausfallswinkel oder Reflexionswinkel. Es gilt das Reflexionsgesetz: Der zurückgeworfene Strahl liegt in derselben Ebene, in der der einfallende Strahl und das Einfallslot liegen. Der Ausfallswinkel ist gleich dem Einfallswinkel.

Wird eine brennende Kerze oder ein anderer Gegenstand in verschiedenen Längen und Entfernungen einem ebenen Spiegel gegenüber[1] gehalten, so erkennt man leicht die Richtigkeit des folgenden Satzes: Bei einem ebenen oder Planspiegel erscheint das Bild des entgegengehaltenen Gegenstandes ebensoweit hinter der Spiegelfläche, wie sich der Gegenstand vor der Fläche befindet, und zwar in solcher Lage, daß die Linie, die Bild und Gegenstand verbindet, zur Ebene des Spiegels senkrecht steht. Bild und Gegenstand sind von gleicher Größe und Gestalt, aber die rechte und die linke Seite des Bildes sind, mit dem Gegenstande verglichen, vertauscht.

Die Bilder, die durch ebene Spiegel entstehen, sind außerhalb unseres Auges nicht vorhanden und heißen deshalb scheinbare Bilder. Unebene (rauhe) Flächen werfen die Strahlen nach allen Richtungen zurück: unregelmäßige Zurückwerfung oder Zerstreuung des Lichtes. Infolge unregelmäßiger Zurückwerfung und Zerstreuung des Sonnenlichtes an den in der Luft schwebenden Staub- und Wasserdampfteilchen entsteht in solchen Räumen Tageshelle, in die kein direktes Sonnenlicht fällt. Auf der Zurückwerfung des Sonnenlichtes in den höheren Luftschichten beruht die Morgen- und Abenddämmerung.

ISAAK NEWTON

(1643–1727), Begründer der neueren mathematischen Physik, Entdecker des Gravitationsgesetzes

ZURÜCKWERFUNG DES LICHTES DURCH GEKRÜMMTE SPIEGEL

Außer ebenen Spiegeln finden häufig auch gekrümmte Spiegel Anwendung, z. B. hinter den Flammen der Flurlampen, in den Laternen von Kutschwagen, Lokomotiven usw. Man nennt einen gekrümmten Spiegel, wenn die spiegelnde Fläche von der hohlen Seite einer Kugelschale gebildet wird, Hohlspiegel oder Konkavspiegel, wenn die spiegelnde Fläche von der erhabenen Seite einer Kugelschale gebildet wird, erhabene Spiegel oder Konvexspiegel.

Wenn man Sonnenstrahlen auf einen Hohlspiegel fallen läßt, so erscheint auf einem mitten vor dem Spiegel [1] gehaltenen schmalen Streifen Papier ein blendend heller Punkt, der Brennpunkt des Spiegels; das Papier entzündet sich an dieser Stelle. Dies ist daraus erklärlich, daß die Strahlen, die den Spiegel in paralleler Richtung treffen, sich nach ihrer Zurückwerfung in diesem Punkte vereinigen.

Die gerade Linie, die von der Mitte eines Hohlspiegels bis zum Mittelpunkte der Kugel geht, von der der Spiegel einen Abschnitt bildet, heißt Achse des Spiegels.

Ein Hohlspiegel wirkt als Brennspiegel, weil die mit seiner Achse parallelen Strahlen nach dem Brennpunkte zurückgeworfen werden; als Beleuchtungsspiegel, weil die von seinem Brennpunkte ausgehenden Strahlen parallel zur Achse zurückkehren.

Befindet sich ein Gegenstand i n n e r h a l b [2] der Brennweite eines hohlen Kugelspiegels, so sieht ein vor dem Spiegel befindliches Auge hinter dem Spiegel ein aufrechtes, vergrößertes, scheinbares Bild. Befindet sich ein Gegenstand a u ß e r h a l b der Brennweite

eines hohlen Kugelspiegels, so sieht ein vor dem Spiegel befindliches Auge vor dem Spiegel ein umgekehrtes wirkliches Bild.

Hält man einen erhabenen Spiegel gegen die Sonne, so gehen die Strahlen nach ihrer Zurückwerfung weit auseinander. Wie beim ebenen Spiegel entstehen beim erhabenen Kugelspiegel nur scheinbare Bilder, die um so kleiner werden, je weiter man den Gegenstand vom Spiegel entfernt.

LICHTBRECHUNG DURCH ERHABENE UND HOHLE LINSEN

Die Lichtbrechung findet Anwendung bei den Vergrößerungsgläsern, Brillen, Lupen, Fernrohren und ähnlichen Instrumenten. Die wichtigsten Teile dieser Instrumente sind optische Linsen, d. h. durchsichtige Glasstücke, die entweder von zwei kugelförmigen oder von einer kugelförmigen und einer ebenen Fläche begrenzt sind. Man unterscheidet:

(*a*) erhabene Linsen oder Konvexlinsen; sie sind in der Mitte dicker als am Rande;

(*b*) hohle Linsen oder Konkavlinsen; sie sind in der Mitte dünner als am Rande.

Ihrer Wirkung wegen [1] werden die erhabenen Linsen auch Sammellinsen, die hohlen Linsen auch Zerstreuungslinsen genannt.

Hält man eine Konvexlinse gegen die Sonne, so entsteht hinter der Linse (wie bei Hohlspiegel vor demselben) auf einem hier befindlichen Gegenstande ein blendend heller Punkt, der Brennpunkt der Linse; ist der Gegenstand leicht brennbar, so entzündet er sich im Brennpunkte. Die Lichtstrahlen vereinigen sich nach ihrem Durchgange durch die Linse im Brennpunkte. Der

Abstand des Brennpunktes vom Mittelpunkte der Linse wird die Brennweite der Linse genannt. Die Mittelpunkte der Kugelflächen, von denen die Grenzflächen der Linsen Teile sind, heißen Krümmungsmittelpunkte. Eine gerade Linie, die die Krümmungsmittelpunkte der beiden Grenzflächen verbindet, wird Achse der Linse genannt.

Strahlen, die parallel zur Achse auf eine Konvexlinse fallen, werden im Brennpunkte der Linse vereinigt: Brennglas.

Strahlen, die vom Brennpunkte der Linse ausgehen, werden durch die Linse parallel zur Achse gerichtet: Beleuchtungslinse.

Gehen die Strahlen durch den Mittelpunkt der Linse, so wird ihre Richtung nicht geändert.

Befindet sich ein Gegenstand vor einer Sammellinse innerhalb ihrer Brennweite, so erscheint er, wenn man ihn durch die Linse betrachtet, vergrößert. Das entstehende aufrechte Bild ist ein scheinbares Bild: Vergrößerungsglas. Befindet sich ein Gegenstand vor einer Sammellinse außerhalb ihrer Brennweite, so entsteht hinter der Linse ein umgekehrtes wirkliches Bild.

Fallen Sonnenstrahlen durch eine Zerstreuungslinse auf eine weiße Fläche, so sieht man auf dieser einen matt leuchtenden Kreisring, der größer ist als die Linse und eine dunklere Fläche umschließt. Die Strahlen werden, während sie durch die Linse gehen, zerstreut, infolgedessen treffen sich ihre Verlängerungen nach rückwärts in einem vor der Linse gelegenen Punkte. Zerstreuungslinsen haben also keinen Brennpunkt und können keine wirklichen Bilder hervorbringen. Alle durch Zerstreuungslinsen betrachteten Gegenstände er-

scheinen aufrecht und um so stärker verkleinert, je weiter sie von der Linse entfernt sind.

FARBENZERSTREUUNG. SPEKTRUM. FARBEN DER KÖRPER

Sowohl das Sonnenlicht als auch das Licht irdischer Lichtquellen enthält verschiedenfarbige Strahlen. Die Strahlen rufen durch ihr Zusammenwirken bestimmte Lichteindrücke hervor (wie verschiedene Töne einen als Klang bezeichneten Schalleindruck erzeugen).

Welche farbigen Bestandteile im Sonnenlicht enthalten sind, zeigen die Regenbogenfarben. Man zerlegt das Sonnenlicht künstlich in seine Bestandteile, indem man Sonnenstrahlen durch eine enge Öffnung in ein verdunkeltes Zimmer eintreten und dann durch ein Glasprisma hindurchgehen läßt. In dem dadurch entstehenden Lichtstreifen können sechs oder sieben Farben unterschieden werden: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau (Indigo), Violett. Diese Farben sind aber nicht scharf abgezeichnet, sondern zeigen einen allmählichen Übergang.

Man nennt die Zerlegung des Lichtes in seine Farben Farbenzerstreuung, das durch die Zerlegung entstehende farbige Bild Spektrum. Das weiße Licht ist aus Strahlen von ungleicher Brechbarkeit zusammengesetzt, die nach ihrer Zerstreuung verschiedene Farbeneindrücke hervorrufen. Von den Strahlen erzeugen die am stärksten brechbaren die violette Farbe, die am schwächsten brechbaren die rote Farbe. Die einzelnen Farben des Spektrums können nicht weiter zerlegt werden, sie bilden also die einfachsten Bestandteile des Lichtes. Durch Vereinigung aller Farben des Spektrums vermittelst einer Sammellinse erhält man wieder Weiß. Weil Weiß auch schon durch Vereinigung von je zwei bestimmten

Farben, nämlich Rot und Grün, oder Orange und Blau, oder Gelb und Violett, erhalten werden kann, so nennt man diese Farbenpaare Ergänzungs- oder Komplementärfarben.

Zerlegt man das Licht glühender, fester Körper durch ein Prisma, so erhält man ein zusammenhängendes Spektrum, das in der Hauptsache dem Sonnenspektrum gleicht. Das Spektrum glühender Dämpfe aber besteht aus einzelnen farbigen Linien, die durch dunkle Zwischenräume getrennt sind (Linienspektrum), und zwar weist jedes chemische Element bestimmte Spektrallinien auf, so daß man aus dem Auftreten gewisser Linien im Spektrum auf das Vorhandensein eines Stoffes in der Flamme schließen kann. Man nennt die vermittelst besonderer Apparate, der Spektralapparate, ausgeführte Untersuchung der Spektren die Spektralanalyse. Diese ist nicht nur für die Chemie, sondern auch für die Astronomie von großer Bedeutung geworden, weil sie wichtige Schlüsse auf die Beschaffenheit der Himmelskörper, namentlich [1] der Sonne, gestattet. — Aus dem Auftreten bestimmter dunkler Linien im Sonnenspektrum, der sogenannten Frauenhoferschen Linien,[2] hat man den Schluß gezogen, daß das Licht des weißglühenden Körpers der Sonne durch glühende Gase und Dämpfe verbrennender Metalle hindurchgeht.

Die Farbe, die ein Körper im Tageslicht zeigt, heißt seine natürliche Farbe. Ein durchsichtiger Körper erscheint uns im Tageslichte farbig, wenn er nur bestimmte Strahlengattungen durchläßt; farblos, wenn er alle farbigen Bestandteile des Lichtes in gleichem Verhältnisse durchläßt. Ein undurchsichtiger Körper erscheint uns im Tageslichte weiß, wenn er alle Bestandteile des

Sonnenlichtes in gleichem Verhältnisse unregelmäßig zurückwirft; farbig, wenn von ihm nur gewisse Strahlengattungen zurückgeworfen werden; schwarz, wenn von ihm alle Strahlengattungen ausgelöscht werden.

H. ZUSCHLAG, *Physik*, Seite 34; Mentor Verlag, Berlin.

X. Kalorik oder Lehre von der Wärme

Bei Berührung eines festen Körpers hat man gewöhnlich eine bestimmte Empfindung, nach der[1] man ihn als kalt, warm oder heiß bezeichnet; solche Empfindungen können auch flüssige und luftförmige Körper, z. B. warmes und kaltes Wasser, warme und kalte Luft in uns hervorrufen. Die Ursache dieser Empfindung nennt man Wärme; Kälte ist ein geringerer Grad von Wärme.

Der Wärmezustand oder Wärmegrad eines Körpers kann durch das Gefühl nur annähernd ermittelt werden. Zwecks genauer Bestimmung desselben gebraucht man Instrumente, die Thermometer oder Wärmemesser genannt werden. Das gebräuchlichste ist das Quecksilberthermometer. Dieses besteht aus einer engen Glasröhre, die an einem Ende kugelig oder zylindrisch aufgeblasen und am anderen Ende zugeschmolzen ist. Die Erweiterung und ein Teil der engen Röhre sind mit Quecksilber angefüllt; der Raum der Röhre über dem Quecksilber ist luftleer. Neben oder auf der Röhre befindet sich zum Ablesen des Wärmegrades eine meist auf Holz oder Metall geschriebene Teilung oder Skala, in der zwei Punkte besonders hervorgehoben sind: E P Eispunkt, S P Siedepunkt. Das Quecksilber sinkt bis zum Eispunkt, wenn das Thermometer in schmelzenden Schnee

getaucht wird und steigt bis zum Siedepunkte, wenn die Dämpfe von kochendem Wasser auf dasselbe einwirken.

Der Abstand zwischen Eispunkt und Siedepunkt ist in eine bestimmte Anzahl gleicher Teile, Grade, eingeteilt. Man unterscheidet nach der Einteilung der Skala: (*a*) Thermometer nach Réaumur. Diese enthalten vom Gefrierpunkt bis zum Siedepunkt 80 Grad. (*b*) Thermometer nach Celsius. Diese enthalten vom Gefrierpunkt bis zum Siedepunkt 100 Grad. Die Teilung in Grade geht meist noch über den Gefrierpunkt, oft auch über den Siedepunkt hinaus. Die Grade werden vom Gefrierpunkt aus gezählt. Weil der Gefrierpunkt mit 0[1] bezeichnet ist, nennt man ihn Nullpunkt. Es heißen die Grade unter 0 Kältegrade, bezeichnet durch vorgesetztes −,[2] die Grade über 0 Wärmegrade, bezeichnet durch vorgesetztes +; durch ein nachfolgendes R oder C wird die Art der Skala angegeben. Weil[3] 80° R = 100° C, so ist 1° R = 5/4° C, 1° C = 4/5° R. Der Wärmegrad eines Körpers heißt Temperatur.

In England, Holland und Nordamerika sind Thermometer nach Fahrenheit gebräuchlich, an denen der Gefrierpunkt des Wassers mit 32, der Siedepunkt des Wassers mit 212 bezeichnet ist.

Erfahrungsgemäß kann ein kalter Körper warm, ein warmer kalt werden. Zur Erwärmung oder Erhitzung eines Körpers bedient man sich der Flamme. Um einen warmen Körper erkalten zu lassen,[4] stellt man ihn in einen kalten Raum oder bringt ihn mit einem kalten Körper in Berührung. Dabei nimmt der kältere Körper von dem wärmeren so lange Wärme auf, bis beide Körper dieselbe Temperatur haben. Es[5] gelten die Gesetze: Die Temperatur der Körper ist veränderlich. Berühren

Körper von ungleicher Temperatur einander, so findet eine Ausgleichung der Temperatur (Mitteilung der Wärme) statt.

Ausdehnung der Körper durch die Wärme.[1] Alle festen, flüssigen und luftförmigen Körper dehnen sich beim Erwärmen aus und erhöhen ihre Temperatur, während sie beim Erkalten ihre Temperatur herabsetzen und sich zusammenziehen. Der räumliche Inhalt der Körper ist veränderlich. Nimmt ein Körper Wärme auf, so vergrößert sich im allgemeinen sein Rauminhalt. Bei gleicher Temperaturerhöhung dehnen sich die luftförmigen Körper stärker als die flüssigen, die flüssigen Körper stärker als die festen aus. Die Hauptwirkungen der Wärme sind also (*a*) die Erhöhung der Temperatur, (*b*) die Ausdehnung.

Alle luftförmigen Körper dehnen sich fast ganz gleichmäßig aus, und zwar bei einer Erwärmung um 100° um $1/3$[2] ihres Rauminhaltes.

Das Wasser macht von der allgemeinen Regel, daß ein Körper, wenn seine Temperatur abnimmt, sich zusammenzieht, insofern eine Ausnahme, als es in der Nähe seines Gefrierpunktes dieser Regel nicht mehr nachkommt. Versuche haben ergeben, daß das Wasser seine größte Dichtigkeit bei etwa + 4° C hat; es dehnt sich beim Gefrieren aus.

Fortpflanzung der Wärme. Die Erhöhung der Temperatur schreitet in den Körpern verschieden schnell fort. Z. B.: Ein brennendes Streichholz kann man mit bloßer Hand sehr nahe an der Flamme halten, ohne sich zu verbrennen, ebenso einen Faden, einen Strohhalm, ein Stück Papier. Erhitzt man aber einen Draht oder einen Nagel an einem Ende, so kann man sich leicht

verbrennen, wenn man ihn am andern Ende festhält. Recht langsam schreitet die Erwärmung im Wasser fort; man kann z. B. im oberen Teile einer Probierröhre das Wasser zum Kochen erhitzen, ohne daß ein am Boden der Röhre liegendes Stückchen Eis (das man mit Draht beschwert hat, damit es am Boden liegen bleibt) schmilzt.

Der Übergang der Wärme von einem Körper zu einem andern Körper sowie das Fortschreiten der Wärme im Innern eines Körpers heißt Wärmeleitung. Die Fähigkeit der Körper, die Wärme durch Leitung fortzupflanzen, ist sehr verschieden. Einige Körper können die Wärme leicht aufnehmen und in ihrem Innern verbreiten: gute Wärmeleiter; andere Körper können die Wärme nur sehr langsam aufnehmen und in ihrem Innern verbreiten: schlechte Wärmeleiter. Metalle, besonders Silber und Kupfer, sind die besten Wärmeleiter. Die meisten Mineralien heißen Halbleiter. Flüssigkeiten sind schlechte Wärmeleiter. Die luftförmigen Körper sind sehr schlechte Wärmeleiter.

Hinsichtlich der Fortpflanzung der Wärme durch Strömung ist zu merken,[1] daß Flüssigkeiten die Wärme von unten nach oben in der Hauptsache durch Strömung, luftförmige Körper die Wärme fast ausschließlich von unten nach oben durch Strömung fortpflanzen. Die Erwärmung von Flüssigkeiten erfolgt in Gefäßen stets von unten. Die freie Luft erwärmt sich fast ausschließlich von unten durch den festen Boden und durch das Wasser; infolgedessen nimmt ihre Temperatur auch mit der Höhe ab.

In betreff der Fortpflanzung der Wärme durch Strahlung ist zu merken, daß jeder Körper Wärme nach allen

Richtungen ausstrahlt. Die Wärmestrahlen pflanzen sich genau so wie die Lichtstrahlen fort. Es strahlen glatte metallische Oberflächen am wenigsten Wärme, mit Ruß bedeckte rauhe Flächen am meisten Wärme, dunkle Flächen im allgemeinen mehr Wärme als helle Flächen aus. Die Fähigkeit der Körper, Wärmestrahlen aufzunehmen, ist um so größer, je größer ihr Ausstrahlungsvermögen ist.

Aus der Wärmestrahlung wird auch die starke nächtliche Abkühlung erklärlich, die der Bildung des Taues und des Reifes vorhergeht. Die Erde strahlt nämlich Tag und Nacht Wärme gegen den Himmelsraum aus. Weil sie nun durch die Sonnenstrahlen nur am Tage Wärme empfängt, so muß sie sich des Nachts abkühlen.

H. Zuschlag, *Physik*, Seite 45; Mentor Verlag, Berlin.

XI. Magnetismus

Um die Himmelsgegenden schnell und sicher zu jeder Zeit bestimmen zu können, bedient man sich des Kompasses, eines Instrumentes, das in der Hauptsache aus einer Magnetnadel besteht. Die Magnetnadel ist ein dünnes Stäbchen aus Stahl, das in einer Messingkapsel auf einer senkrecht stehenden Spitze leicht drehbar ist; sie zeigt, wenn sie sich in Ruhelage befindet, mit dem einen Ende nach Süden, mit dem andern Ende nach Norden.

In der Mitte der Magnetnadel ist ein Hütchen aus Achat befestigt, das sich auf der Spitze unter sehr geringer Reibung dreht. Auf dem Boden der Kapsel befindet

sich die Windrose, d. i. eine sternförmige Zeichnung, umgeben [1] von einem Kreise, der in Grade eingeteilt ist. Der Kompaß, dessen sich Schiffer zur Orientierung auf der See bedienen, besteht aus einem Magnetstabe, der in einem großen Gehäuse aus Kupfer oder Messingblech derartig unterstützt ist, daß er bei jeder beliebigen Stellung des Schiffes in wagerechter Lage verharrt.

Nähert man einer Magnetnadel ein Stück Eisen oder Stahl, so wendet sie sich mit der Spitze um so kräftiger nach dem Metalle hin, je mehr man ihr dasselbe nähert. Die gleiche Erscheinung, genannt Anziehung, tritt ein, wenn man umgekehrt ein Stäbchen von Eisen oder Stahl leicht drehbar unterstützt und ihm eine Magnetnadel nahe bringt; die Anziehung findet sogar dann statt, wenn man ein Blatt Papier oder irgendeinen [2] anderen Gegenstand, der nicht aus Eisen oder Stahl besteht, zwischen die Nadel und das Metall hält.

Ein Körper, der die Eigenschaft besitzt, Eisenstückchen anzuziehen, heißt ein Magnet. Ein Magnet, der frei beweglich ist, nimmt in seiner Ruhelage immer eine bestimmte Richtung an. Das eine Ende desselben, der Nordpol, zeigt nach Norden, das andere Ende, der Südpol, zeigt nach Süden. Ein Magnet und Eisen ziehen sich gegenseitig an, und zwar ist diese Anziehung um so stärker, je mehr beide einander genähert werden.

Wird ein Magnet mit Eisenfeilspänen bestreut, so zeigt sich,[3] daß die magnetische Anziehung an den beiden Polen, also am Nordpol und am Südpol, am stärksten ist, und von den beiden Polen nach der Mitte hin allmählich abnimmt. Die Stelle, an der der Magnet keine Einwirkung zeigt, wird Indifferenzstelle genannt. Hält man einen Hufeisenmagnet unter ein mit Eisenfeilspänen

bestreutes Blatt Papier, so ordnen sich die Eisenfeilspäne in krummen Linien, die von einem Pole zum andern Pole verlaufen und die Richtung der magnetischen Kraft angeben, die auf die Feilspäne einwirkt; diese krummen Linien heißen magnetische Kraftlinien. Der Raum um einen Magnetpol, innerhalb dessen sich eine magnetische Wirkung zu erkennen gibt,[1] heißt magnetisches Feld.

Um die magnetische Kraft nicht als richtende Kraft (wie bei der Magnetnadel), sondern als Anziehungskraft zu verwenden, gibt man dem Magnet Hufeisenform, damit beide Pole gleichzeitig auf das Eisen einwirken können. Hufeisenmagnete bewahrt man in der Weise[2] auf, daß man sie aufhängt und zwecks allmählicher Steigerung ihrer Tragkraft mit einem Stücke weichen Eisens, dem Anker, und daran gehängten Gewichten belastet.[3]

Die magnetischen Erscheinungen wurden bereits im Altertum an einem Eisenerze wahrgenommen, das man in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien fand. Nach dem Fundorte Magnesia nannte man solche Eisensteine Magnete. Magneteisensteine werden an vielen Orten, besonders in Schweden, gefunden. Weil die Eigenschaft des Magnetismus auch in metallischem Eisen und Stahl hervorgerufen werden kann, so unterscheidet man natürliche und künstliche Magnete.

Die Chinesen sollen[4] sich schon vor mehreren tausend Jahren der Magnetnadel bedient haben. In Europa scheint die Magnetnadel erst seit dem 14. Jahrhundert eine allgemeine Anwendung bei der Schiffahrt gefunden zu haben.

Wenn man einer Magnetnadel eine andere Magnet-

nadel oder einen Magnetstab in der Weise nähert, daß beide Nordpole oder beide Südpole einander zugewandt sind, so stoßen sich beide Pole ab; wenn man aber dem Nordpole den Südpol nähert oder umgekehrt, so ziehen sich beide Pole an. Hieraus ergibt sich: Gleichnamige Pole stoßen einander ab; ungleichnamige Pole ziehen einander an. Zur Erklärung des gegensätzlichen Verhaltens der Magnetpole wird angenommen, daß in jedem Magnet zwei verschiedene magnetische Kräfte wirken; man unterscheidet aus diesem Grunde, Nordmagnetismus und Südmagnetismus.

Nähert man ein Stahlstäbchen einem Magnetpol, so wird es selbst magnetisch, und zwar entsteht da ein Nordpol, wo es dem Südpol des Magnets genähert wird; da ein Südpol, wo es dem Nordpol des Magnets genähert wird. Bei einem Eisenstabe herrscht diese Erscheinung nur so lange vor, als er sich in der Nähe des Magnets befindet. Eisen- und Stahlstäbe werden durch Annäherung eines Magnetpoles selbst magnetisch und zwar erhält das Ende, das dem Magnetpole zugewandt ist, den ungleichnamigen Pol; das Ende, das von dem Magnetpole weggewandt ist, den gleichnamigen Pol; man nennt diesen Vorgang magnetische Verteilung. Hinsichtlich der Aufnahmefähigkeit des Magnetismus ist zu merken: (*a*) Weiches Eisen wird leicht magnetisch; es wird nach Entfernung des Magnetpoles wieder unmagnetisch. (*b*) Harter Stahl wird schwer magnetisch, behält jedoch seine magnetische Kraft.

Aus der magnetischen Verteilung ergibt sich, daß die zwischen einem Magnet und Eisen oder Stahl bestehende Anziehung auf die Wechselwirkung der ungleichnamigen Magnetpole zurückzuführen ist,[1] insofern nämlich der An-

ziehung eine magnetische Verteilung vorhergeht. Weil ein Magnet auf Grund genauer Untersuchungen von seinem Magnetismus nichts verliert, wenn er Eisen oder Stahl magnetisch macht, so wird angenommen, daß in dem Eisen von Natur beide Magnetismen enthalten seien,[1] diese aber so aufeinander einwirken, daß sie nicht imstande sind, nach außen eine Wirkung hervorzubringen. Demnach besteht der Einfluß des Magnets darin, die magnetischen Kräfte nach außen wirksam zu machen.

Auf der magnetischen Verteilung beruht das Magnetisieren von Magnetnadeln, die man zwecks dieser Magnetisierung von ihrer Mitte aus bis zu den Enden mit zwei gleich starken ungleichnamigen Magnetpolen streicht.

Um Magnete von möglichst hoher Kraft[2] zu erhalten, setzt man mehrere dünne Magnete von Hufeisenform zu einem einzigen Magnet zusammen, indem man die gleichnamigen Pole zusammenlegt, also Nordpol auf Nordpol, und Südpol auf Südpol. Dabei läßt man die Pole des mittleren Magnets zum Anlegen des Ankers etwas vorstehen und die übrigen treppenförmig zurücktreten. Man nennt solche zusammengesetzte Magnete magnetische Magazine.

Natürliche Magnete können in zweckmäßiger Weise zum Tragen eingerichtet werden, indem man an ihnen zwei Stäbe von weichem Eisen befestigt, deren Enden zwecks Anlegung eines Ankers ein wenig vorstehen. Der Magnetismus eines Magnets verschwindet vollständig, wenn man den Magnet bis zum Glühen erhitzt.

Überall auf der Erde kann die Erscheinung wahrgenommen werden, daß eine Kompaßnadel, wenn sie sich

in Ruhe befindet, nach Norden und Süden zeigt. Die Erde wirkt wie ein Magnet, und zwar ist ihre nördliche Hälfte südmagnetisch, ihre südliche Hälfte nordmagnetisch. Die Magnetnadel ist nur an wenigen Orten der Erde genau nach Norden und Süden gerichtet; gewöhnlich weicht sie etwas nach Osten oder Westen ab. In Deutschland ist diese Abweichung westlich und beträgt etwa 10°.

Man nennt die Abweichung der Magnetnadel von der Nordsüdrichtung magnetische Deklination; die Abweichung der Magnetnadel von der wagerechten Richtung magnetische Inklination.

Der magnetische Südpol der Erde wurde im Jahre 1831 im nördlichen Amerika entdeckt; die Inklinationsnadel stand hier senkrecht, mit dem Nordpole nach unten. Als man den Pol umfuhr, zeigte eine in wagerechter Ebene drehbare Magnetnadel mit dem Nordpole immer nach demselben Punkte. Die Lage des noch nicht erreichten magnetischen Nordpoles der Erde sucht man auf dem Südpolarlande zwischen Neuholland und dem geographischen Südpole.

H. Zuschlag, *Physik*, Seite 54; Mentor Verlag, Berlin.

CHEMIE

XII. Einleitendes

Die Chemie bildet einen Zweig der beobachtenden Naturwissenschaften.

Die Aufgabe der Chemie ist, Vorgänge oder Prozesse zu beobachten und zu ergründen, bei denen das Gewicht, die Form, die Festigkeit, die Farbe und der Geschmack der Körper verändert werden, so daß aus ihnen neue Körper mit neuen Eigenschaften entstehen.

Während bei chemischen Vorgängen der Stoff eine dauernde Veränderung erleidet, erfährt er bei physikalischen Vorgängen stets nur eine vorübergehende Veränderung. Physik und Chemie grenzen hart aneinander und haben ein gemeinsames Grenzgebiet, die physikalische Chemie. Man unterscheidet heute besondere Gebiete der Chemie. Die Thermochemie belehrt uns über[1] die Beziehungen zwischen Wärmeenergie und chemischer Energie. Die durch den elektrischen Strom hervorgerufenen chemischen Veränderungen erklärt die Elektrochemie. Die Experimentalchemie führt dem Anfänger Experimente (Versuche) vor, um die Eigenschaften der Stoffe kennen zu lernen, während die analytische Chemie die Körper auf[2] ihre Zusammensetzung untersucht. Im Laufe der Zeit hat sich die Chemie in zwei Teile geschieden, in einen anorganischen und einen organischen Teil.

Alle chemischen Veränderungen beruhen entweder auf Synthese oder auf Analyse. Verbinden sich zwei (oder

mehrere) Stoffe zu einem neuen Stoff mit neuen Eigenschaften, so heißt der Vorgang der Veränderung Zusammensetzung oder Synthese. Beruht eine chemische Veränderung auf einer Trennung bereits verbundener Stoffe, so heißt der Vorgang der Veränderung Zersetzung oder Analyse. Analyse ist z. B. die Zersetzung des Quecksilberoxyds durch Hitze in Quecksilber und Sauerstoff.

C. HOMANN, *Anorganische Chemie*, Seite 11; Mentor Verlag, Berlin.

XIII. Molekül; Atom; Element

Teilt man durch physikalische Hilfsmittel einen Stoff in kleine oder immer kleinere Teile bis zur Grenze der physikalischen Teilbarkeit, so erhält man das Molekel oder das Molekül, d. i. die kleinste Menge eines Stoffes, die für sich[1] bestehen kann. Die Moleküle eines und desselben Stoffes sind gleich schwer, diejenigen verschiedener Stoffe nicht gleich schwer.

Das Molekül eines aus verschiedenen Grundstoffen bestehenden Stoffes läßt sich auf chemischem Wege[2] in nicht weiter zerlegbare Teilchen zerlegen; diese Teilchen heißen Atome. Sie sind die kleinste Menge eines einfachen oder Grundstoffes, Element genannt, die weder im physikalischen noch im chemischen Wege weiter teilbar ist.

Diese für die chemischen Vorgänge so wichtigen Begriffe bilden die Grundlage der Atomtheorie, die durch Daltons[3] Hypothese: Alle Verbindungen bestehen aus kleinsten Teilchen oder Atomen der Elemente, begründet wurde.

Bringt man beliebige Mengen von Schwefel- und Eisenpulver zusammen, so erhält man ein Gemisch oder

Gemenge, aus dem man mit Hilfe eines Magneten sämtliche Eisenteilchen entfernen kann. Erhitzt man aber dieses Gemenge, so erhält man einen ganz neuen Stoff, Schwefeleisen genannt, der völlig andere Eigenschaften zeigt als die Bestandteile. Ein solcher chemischer Vorgang, der nur unter ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen vor sich geht, heißt eine chemische Verbindung.

Ein Molekül eines und desselben Elementes kann ein, zwei oder mehrere Atome derselben Art enthalten; ein Molekül einer chemischen Verbindung muß mindestens aus zwei verschiedenen Atomen bestehen.

Vereinigen sich zwei Elemente zu einer chemischen Verbindung, so ist die Ursache dieser Vereinigung, wie aller chemischen Veränderungen überhaupt, eine eigentümliche Kraft, die man chemische Verwandtschaft oder Affinität nennt. Die Elemente haben eine verschieden starke Affinität, die die chemische Verbindung so lange aufrecht erhält, bis eine äußere Einwirkung erfolgt, wodurch die Verbindung gelöst wird.

Um die chemischen Prozesse übersichtlich und verständlich zu machen, bezeichnete der schwedische Chemiker Berzelius[1] (1818) die Elemente mit den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen oder griechischen Namen; diese chemische Bezeichnung nennt man auch Symbole. Die Anzahl der Atome drückt man durch kleine Zahlen aus, die man zur Rechten des betreffenden Symbols, und zwar meist unter die Zeile setzt.

Derjenige Teil der Chemie, der über die Gewichtsverhältnisse beim chemischen Prozeß Auskunft gibt, heißt Stöchiometrie. Man stellt dabei eine stöchiometrische oder Reaktionsgleichung auf, in der die Bestandteile auf der einen Seite, das Ergebnis auf der andern steht. Das

Grundgesetz der Stöchiometrie oder Gesetz der konstanten Proportionen lautet:

Das Gewichtsverhältnis der in einer chemischen Verbindung enthaltenen Bestandteile ist ein unveränderliches; wenn Körper sich zu neuen zusammengesetzten Körpern vereinigen, so geschieht dies stets nach bestimmten, unveränderlichen relativen Gewichtsmengen ihrer Bestandteile.

C. HOMANN, *Anorganische Chemie*, Seite 12; Mentor Verlag, Berlin.

XIV. Verschiedene wichtige Gesetze

Gesetz des Avogadro:[1] Gleiche Volumen von Gasen enthalten bei gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur die gleiche Anzahl von Molekülen.

Gesetz des Gay-Lussac:[2] Alle Gase dehnen sich bei gleichbleibendem Druck für je 1° Temperaturerhöhung um 1/273[3] des Volumens bei 0° aus; bei Temperaturerniedrigung vermindert sich das Volumen bei jedem Grad um 1/273 des Volumens.

Unter absolutem Nullpunkt versteht man die Temperatur −273°.

Gesetz von Boyle[4]-Mariotte: Bei konstanter Temperatur sind Druck und Volumen eines Gases umgekehrt proportional.

Diese letzten beiden Gesetze werden benutzt bei der Reduktion von Gasvolumina auf 0° und den Normaldruck (760 mm).

Gesetz von Dulong[5]-Petit: Das Produkt aus dem Atomgewicht und der Atomwärme (spezifische Wärme) der festen Elemente ist konstant, nämlich = 6,4.

Gesetz der multiplen Proportionen (Dalton): Zwei Elemente können sich unter ungleichen Umständen in mehr als einem Gewichtsverhältnisse zu verschiedenen Verbindungen vereinigen. Betrachtet man aber diese verschiedenen Gewichtsverhältnisse näher, so findet man stets, daß sie einfache Vielfache des kleinsten Gewichtsverhältnisses darstellen.

Einige Folgerungen aus Daltons Gesetz sind: (1) Die Atome eines und desselben Elementes sind nach Art und Gewicht gleich. (2) Die Atome verschiedener Elemente haben verschiedene Gewichte, aber für jedes Element haben die Atome konstante Gewichte. (3) Ebenso viele Arten von Atomen sind vorhanden als Elemente da sind. (4) Bei allen chemischen Prozessen behalten die Atome ihr konstantes Gewicht. (5) Die Fähigkeit eines Atoms, ein oder mehrere Atome eines anderen Elementes chemisch zu verbinden oder in einer Verbindung zu ersetzen, nennt man atombindende Kraft oder chemischen Wert (Valenz). Man bezeichnet die Wertigkeit durch eine römische Ziffer, die rechts oben neben dem chemischen Zeichen steht.

C. HOMANN, *Anorganische Chemie*, Seite 13; Mentor Verlag, Berlin.

XV. Theorie der Flamme

Die Verbrennung organischer Substanzen mit Flamme ist abhängig von der Gegenwart der brennbaren Kohlenwasserstoffe, wie sie als Bestandteile des Leuchtgases und bei der allmählichen Verbrennung in unseren Lampen und Kerzen vorkommen. Wenn ein Körper bei

seiner Verbrennung weder brennbare Gase liefert, noch selbst durch die bei der Verbrennung erzeugte Hitze gasförmig wird, so kann er nicht mit Flamme brennen; er wird nur glühen. Alle entzündlichen Gasarten brennen mit Flamme, sowie alle Körper, die bei der durch ihre Verbrennung erzeugten Hitze selbst gasförmig werden. H[1] brennt Flamme, ebenso P und S; Zu auch, aber nicht der flüssige Teil brennt, sondern der durch die Hitze in Gas verwandelte. Öl, Talg, Holz brennen mit Flamme, weil sich brennbare Gasarten entwickeln. Der Unterschied zwischen einem Körper, der beim Brennen bloß glüht, und einem andern, der mit Flamme brennt, besteht nur darin, daß im ersteren Falle ein starrer Körper, im letzteren ein entwickeltes Gas brennt.

Glühende, reine Gase leuchten sehr schwach; so der reine H und Weingeist. Da jede Flamme ein brennendes Gas ist, so ist jede Beleuchtung eigentlich Gasbeleuchtung. Bei der Kerzen- und Lampenbeleuchtung wird in dem brennenden Teile des Dochtes das Leuchtgas erzeugt und beinahe in demselben Augenblick hier verbrannt, während bei der Gasbeleuchtung die Erzeugung und die Verbrennung des Gases nach Ort und Zeit geschieden sind.

An einer Kerzenflamme unterscheidet man drei Teile: einen inneren Teil oder den Kern, der nicht leuchtet; er enthält die gasförmigen Zersetzungsprodukte der durch den Docht aufgesogenen[2] Leuchtstoffe; einen mittleren stark leuchtenden Teil, in dem die teilweise Verbrennung der im innern Teil aufsteigenden Gase sich vollzieht; hier verbrennt teilweise Äthylen, am meisten Wasserstoff und es bildet sich Azetylen, das stark Licht entwickelt und das Leuch-

ten der Flamme bedingt; einen äußeren Teil oder die Hülle, wo das O der atmosphärischen Luft hinzutritt und die vollständige Verbrennung des ausgeschiedenen C bewirkt; dieser Teil leuchtet zwar nicht, ist aber am heißesten; hier bilden sich auch H_2O und CO_2.

Die Leuchtkraft und die Temperatur eines brennenden Gases wird auch durch seine Dichtigkeit stark beeinflußt; H brennt unter starkem Drucke mit hell leuchtender Flamme; eine Kerze auf dem Montblanc brennt mit ganz schwacher Flamme. Für die leuchtende Flamme kommen als wesentliche Lichtquellen das Azetylen und das ihm nahe verwandte Benzol in Betracht.

Im Rohre des Bunsenbrenners entsteht eine Mischung von Leuchtgas mit Luft, welche an der Öffnung mit nichtleuchtender Flamme verbrennt, aber eine hohe Temperatur erzeugt, mit der man imstande ist, nicht nur feste, unschmelzbare Substanzen zu lebhafter Lichtemission zu bringen, sondern auch der an sich nicht leuchtenden Bunsenflamme[1] durch Einführen von verdampfenden Metallen oder Metallsalzen eine bestimmte Färbung zu geben. Na färbt gelb; K violett; Ba gelbgrün; Cu blaugrün, usw.

Flammen gehen nicht durch feine Metallgewebe, weil durch die Maschen des stark wärmeleitenden und daher abkühlenden Metalles die Temperatur der Flamme unter die Verbrennungstemperatur erniedrigt wird und das Gas so unverbrannt durch das Netz geht. Hierauf beruht die Anwendung der Davyschen[2] Sicherheitslampe.

Zur Erzielung eines hohen Hitzegrades dient das Lötrohr, wodurch die Flamme seitwärts auf einen bestimmten Körper geblasen werden kann. Bei der entstehenden

Flamme unterscheidet man zwei Teile; einen äußeren, blauen, sehr heißen, an O reichen Teil, die Oxydationsflamme; einen inneren, leuchtenden, an C reichen Teil, die Reduktionsflamme.

Das Leuchtgas entsteht durch Erhitzen von Steinkohle unter Luftabschluß; in den Retorten bleibt der Koks zurück. Die entweichenden Gase werden in eine große Vorlage geleitet, wo eine dicke, schwarze Masse, Teer, zurückbleibt. In dem Kühler sondern sich weiter Teer und Ammoniakverbindungen ab, und dann wird das Gas in den Waschtürmen durch entgegenfließendes Wasser gewaschen, bis es noch H_2S, CS_2 und Cyanverbindungen enthält. Nachdem auch diese Verunreinigungen entfernt sind, wird das Gas im Gasometer zum Verbrauch aufgesammelt. 100 kg Steinkohle geben 25–30 cbm Leuchtgas, 60–70 kg Koks, 4–6 kg Teer und 4–9 kg Gaswasser.

Teer liefert Paraffin, Naphthalin, Benzol, Farb- und Riechstoffe. Das Gaswasser liefert Ammoniumsulfat, Ammoniak und NH_4 Salze.

C. HOMANN, *Anorganische Chemie*, Seite 31; Mentor Verlag, Berlin.

XVI. Die zwei Grundgesetze der Naturwissenschaften

Die Veränderungen, welche wir in der uns umgebenden Körperwelt wahrnehmen, sind teils physikalischer, teils chemischer Natur. Rein physikalische Vorgänge sind die Ortsveränderungen und die Zerteilung der Körper, ihre Temperaturwechsel, die Farbänderungen, welche die verschiedene Beleuchtung bewirkt, die elektrische

Ladung der Metalle, kurz, solche Vorgänge, welche nur den Zustand eines Körpers, nicht aber seine stoffliche Beschaffenheit antasten. Chemische Vorgänge dagegen sind solche, bei welchen sich eine Umwandlung des Stoffes vollzieht, wie etwa beim Rosten, Verbrennen oder Vergären.

Die Aufgaben der Physik und Chemie sind nicht scharf gegeneinander abgegrenzt, und zwischen ihnen liegt ein Arbeitsgebiet, in welchem sich beide Wissenschaften begegnen. Dieses Gebiet umgreift zunächst solche Fragen, bei welchen, wie etwa bei den Lösungen, die Unterscheidung zwischen physikalisch und chemisch bedeutungslos werden kann. In seinem Rahmen sind aber noch ganz andere, viel allgemeinere Fragen zu behandeln. Die chemischen Vorgänge hängen von den Versuchsbedingungen ab und richten sich nach den verschiedenartigsten physikalischen Einflüssen, nach dem Druck, der Temperatur, der Beleuchtung usw. Sie sind zumeist begleitet von einer Entwicklung von Wärme, unter Umständen[1] auch von Elektrizität oder Licht, und so tritt klar zutage, daß eine tiefere Erforschung chemischer Vorgänge ohne gleichzeitige volle Berücksichtigung der physikalischen Verhältnisse nicht erfolgen kann. Man heißt daher denjenigen Zweig der chemischen Forschung, welcher die Gesetze des chemischen Geschehens unter Zuhilfenahme physikalischer Mittel zu ergründen sucht, p h y s i k a l i s c h e C h e m i e. Da es sich dabei im Gegensatz zur speziellen Chemie, welche sich nur mit dem besonderen Verhalten der einzelnen Stoffe befaßt, um die Ableitung möglichst allgemeiner Grundsätze handelt,[2] nennt man diesen Zweig auch a l l g e m e i n e C h e m i e.

Das chemische Verhalten der Stoffe ist der Inbegriff dessen, was man als chemische Eigenschaften bezeichnet. Die chemischen Eigenschaften sind von Fall zu Fall verschieden und abhängig von der Natur der Stoffe. Aber nicht allein die chemischen, sondern auch viele physikalische Eigenschaften, am sinnenfälligsten die Farbe, offenbaren eine solche Abhängigkeit. Die Erforschung dieser Abhängigkeit ist ein weiteres wichtiges Arbeitsgebiet der allgemeinen oder physikalischen Chemie.

Sämtliche physikalische und chemische Anschauungen werden von zwei Grundgesetzen beherrscht, die als sichere, unerschütterliche Unterlagen überhaupt jeglicher naturwissenschaftlicher Betrachtung gelten. Das eine ist das Gesetz von der Erhaltung des Stoffs, das andere das Gesetz von der Erhaltung der Energie.

Das Gesetz von der Erhaltung des Stoffes, dessen große Bedeutung zuerst Lavoisier[1] (1743–1794) erkannte, spricht aus, daß bei allen chemischen Vorgängen die Summe der Gewichte der Stoffe völlig unverändert bleibt. Die Gewichte messen die Mengen des Stoffes, und daher drückt das Gesetz aus, daß trotz aller Änderungen die Gesamtmenge des Stoffes weder eine Einbuße noch einen Gewinn erfährt. Der Stoff wechselt also nur seine Beschaffenheit, ist aber unzerstörbar. Um das Gesetz von der Erhaltung des Stoffes zu prüfen, hat man chemische Vorgänge in zugeschmolzenen Glasgefäßen, in welchen durch geeignetes Neigen Substanzen zur gegenseitigen Einwirkung gebracht werden konnten, sich vollziehen lassen. Die neuesten Versuche dieser Art hat Landolt (1907) ausgeführt, der zeigte, daß selbst, wenn man die Wägungen mit den feinsten modernen Hilfsmitteln vornimmt,

Gewichtsdifferenzen des Gefäßes vor und nach dem chemischen Vorgang nicht auftreten.

Die Stoffe teilt man in zusammengesetzte und einfache ein und erreicht dadurch eine klarere Einsicht in das Gesetz von der Erhaltung des Stoffs. Alle diejenigen Substanzen, aus welchen man andere, also einfachere Stoffe abzuscheiden und welche man daher auch durch Vereinigung anderer herzustellen vermag,[1] nennt man zusammengesetzte Stoffe oder chemische Verbindungen, diejenigen dagegen, bei welchen eine weitere Zerlegung nicht mehr gelingt, einfache oder Grundstoffe oder chemische Elemente. Die zusammengesetzten Stoffe sind chemische Verbindungen der Elemente, und die letzteren werden kurz als ihre Bestandteile bezeichnet. Sowohl die physikalischen als auch die chemischen Eigenschaften der einzelnen Elemente gehen durch die chemische Vereinigung verloren, und der entstandene zusammengesetzte Stoff besitzt neue Eigenschaften, die in nichts mehr an die Eigenart der Bestandteile erinnern. So gibt die schwarze, unschmelzbare und unverdampfbare Kohle mit dem gelben, erst oberhalb 100° schmelzenden Schwefel den farblosen, leicht flüchtigen, flüssigen Schwefelkohlenstoff.

Man darf keineswegs annehmen, daß die Elemente zugleich auch die allerletzten Bestandteile der Stoffe seien. Sie sind nur als die näheren Bestandteile aufzufassen, deren weitere Zerlegung wohl gegenwärtig noch keine Aussicht auf Erfolg hat, aber vielleicht mit künftigen Erfahrungen und Hilfsmitteln dennoch glückt. Wie dem indessen auch sein mag,[2] für die Chemie sind die jetzt als Elemente geltenden Stoffe die Bausteine, aus welchen sich die Körperwelt zusammenfügt. Die

Elemente können nicht ineinander umgewandelt und ihre Mengen daher nicht vergrößert oder verkleinert werden. Bei chemischen Vorgängen gehen sie neue oder andere Verbindungen ein; da dabei ihre Menge sich nicht ändert, so wird auch das Gewicht kein anderes und die Erhaltung des Stoffes leicht verständlich.

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie wurde von Robert Mayer[1] (1842) erkannt und von Helmholtz[2] (1847) auf die verschiedensten Gebiete exakt angewandt. Unter Energie versteht man die Fähigkeit eines Systems von Körpern, Arbeit zu leisten, und die geleistete Arbeit mißt die Abnahme der Energie. Die mechanische Arbeit wird nach Meterkilogramm gemessen; ihre Einheit ist diejenige Arbeit, die erforderlich ist, um 1 kg 1 m zu heben, oder allgemein, um den Widerstand von 1 kg auf dem Wege von 1 m zu überwinden. Im absoluten Maßsystem rechnet man mit einer kleineren Einheit, mit Erg, d. h. mit einer Arbeit, die beim Überwinden einer Dyne (Krafteinheit) auf einen Zentimeter zu leisten ist. 1 mkg hat $980{,}6.10^5$ Erg[3] und 1 cmg 980,6 Erg. Da ein Erg sehr klein ist, wird häufig eine 10^7 größere Einheit verwendet, die in der Elektrotechnik als Joule,[4] abgekürzt j, bezeichnet wird. 1 Kilojoule, kj, besteht aus 1000 j.

Jeder Vorgang, der sich von selbst abspielt, kann Arbeit leisten; nur bedarf es zur Gewinnung der Arbeit gewisser maschineller Einrichtungen. Die Arbeitsfähigkeit eines Systems kann auf verschiedenen Ursachen beruhen, und je nachdem unterscheidet man verschiedene Energieformen. Handelt es sich nur um rein mechanische Vorgänge, wie bei fallendem Wasser oder aufgezogenen Uhrwerken, so spricht man von mechani-

scher Energie. Ein Körper, der heißer ist als seine Umgebung, kühlt sich von selbst ab, kann also Arbeit liefern und ist Träger von thermischer oder Wärmeenergie. Ein elektrisch geladener Körper ist der Sitz elektrischer Energie, und ein System von Stoffen, die chemisch aufeinander einwirken können, wie z. B. Luft auf Kohle, birgt chemische Energie. Auch das Licht kann Arbeit leisten, und alle durchstrahlten Räume und Substanzen enthalten Lichtenergie.

Die verschiedenen Energieformen sind ineinander verwandelbar. Mechanische Arbeit geht bei der Reibung in Wärme und mit Hilfe von Dynamos in elektrische Energie über. Chemische Energie erzeugt Wärme und Licht. Der Satz von der Erhaltung der Energie sagt nun aus, daß bei allen Veränderungen, die sich in einem abgeschlossenen System vollziehen, die Gesamtsumme der Energie stets gleich groß bleibt. Jeder Betrag, der von irgend einer der Energiearten verschwindet, wird durch das Entstehen der gleichwertigen Menge einer anderen Art völlig ausgeglichen.

Jede Energieart hat ihre eigene Maßeinheit, und man muß daher auf experimentellem Wege[1] ermitteln, welche Beträge der verschiedenen Arten einander gleichwertig sind. Die Wärme wird in Kalorien gemessen. Man versteht unter einer Kalorie diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur eines Gramms reinen destillierten Wassers von 15° um einen Grad zu erhöhen. Da dieser Betrag, die Grammkalorie, welchen man durch das Symbol „cal" ausdrückt, ziemlich klein ist, so ist noch eine tausendmal größere, sich auf ein kg Wasser beziehende Einheit im Gebrauch, die als große Kalorie bezeichnet und bei der Abkürzung

„Cal." geschrieben wird. Neben diesen werden häufig noch andere Kalorien angewendet, die zwar fast von gleicher Größe sind, aber immerhin Differenzen zeigen, die bei genauen Messungen ins Gewicht fallen. Die Nullpunktskalorie ist die Wärmemenge, welche 1 g Wasser von 0° auf 1° erwärmt, und die mittlere Kalorie ist der hundertste Teil der Wärme, welche für die Erwärmung von 1 g Wasser von 0° auf 100° nötig ist.

HUGO KAUFFMANN, *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 5; Band 71, Sammlung Göschen.

XVII. Die Grundanschauungen der Atom- und Molekulartheorie

Eine Mischung zweier oder mehrerer Stoffe, auch wenn[1] sie noch so innig ist, besitzt wesentlich andere Eigenschaften als eine chemische Verbindung dieser Stoffe. In der Mischung sind die Bestandteile immer noch vorhanden und können mit rein physikalischen Hilfsmitteln erkannt werden, während in der chemischen Verbindung sie verschwunden und nur wieder auf chemischem Wege[2] zurückzuerhalten sind. Die Mischung zeigt die Eigenschaft der Bestandteile, die chemische Verbindung dagegen völlig neue.

Ein wichtiger fundamentaler Unterschied zwischen physikalischem Gemisch und chemischer Verbindung offenbart sich, wenn man auf die Gewichtsverhältnisse der Bestandteile achtet. Die Gemische lassen sich in der Regel nach beliebigen Mengenverhältnissen herstellen und enthalten je nachdem bald mehr bald weniger

von dem einen oder anderen Bestandteil. Bei den chemischen Verbindungen ist eine solche Willkür ausgeschlossen und das Verhältnis ihrer Bestandteile, nämlich der sie zusammensetzenden Elemente, bestimmt und unabänderlich. Diese Erkenntnis reifte um die Wende des 18.[1] Jahrhunderts; sie entsprang schon den Untersuchungen von J. B. Richter[2] (1792) über die Neutralisation der Säure durch Basen, wurde aber erst von Proust (1799) mit voller Klarheit ausgesprochen und nachgewiesen. Dieses Gesetz der konstanten Proportionen drückt aus, daß sich die Elemente nur nach bestimmten Gewichtsverhältnissen miteinander chemisch verbinden.

Unterwirft man die Gewichtsverhältnisse, nach welchen sich die verschiedenen Elemente miteinander vereinen, einem näheren Vergleich, so treten gewisse Regelmäßigkeiten hervor, von welchen die erste darin besteht, daß man jedem Element ein bestimmtes Verbindungsgewicht zulegen kann, mit welchem es an den Gewichtsverhältnissen teilnimmt. So verbindet sich 1 Teil Wasserstoff mit 35,5 Teilen Chlor oder 80 Teilen Brom oder 127 Teilen Jod. Auch das Natrium verbindet sich mit diesen Elementen, und ermittelt man diejenige Menge desselben, die sich mit 35,5 Teilen Chlor vereinigt, so ergeben sich 23 Teile. Fragt man nun, wie groß die Mengen Brom und Jod sind, welche sich ebenfalls mit 23 Teilen Natrium verbinden, so findet man wieder genau die gleichen Zahlen 80 und 127. Alle diese Zahlen bedeuten daher Verbindungsgewichte, und sind sie für jedes Element bekannt, so vermag man leicht zu berechnen, in welchem Gewichtsverhältnis sich irgendein Element mit den anderen verbinden kann.

In den allermeisten Fällen verbinden sich die Elemente nicht nur nach einem einzigen Gewichtsverhältnis, sondern nach zwei oder mehreren. Trotzdem verliert der Begriff des Verbindungsgewichtes seine Bedeutung nicht, nur kommt noch eine weitere Regelmäßigkeit, nämlich das von Dalton (1802) entdeckte Gesetz der multiplen Proportionen, hinzu. Bildet ein Element mit einem anderen mehrere Verbindungen, so sind die verschiedenen Mengen des zweiten, welche sich mit ein und derselben Menge des ersteren verbinden, einfache Multipla voneinander. So bildet der Stickstoff mit dem Sauerstoff insgesamt 5 Verbindungen, und die Sauerstoffmengen, die auf 14 Teile, d. h. auf ein Verbindungsgewicht Stickstoff entfallen, betragen 8, 16, 24, 32 und 40 Teile, verhalten sich also gerade wie 1 : 2 : 3 : 4 : 5. Die Verbindungsgewichte gehen somit nicht nur als solche, sondern auch als ganzzahlige Multipla in die Gewichtsverhältnisse ein.

Die Gesetze der konstanten und der multiplen Proportionen sind die Grundlagen, auf welchen Dalton (1802) die überaus fruchtbare Atomtheorie, die sofort beide Gesetze erklärt, in die Chemie und damit überhaupt in die Naturwissenschaft einführte. Die Atomtheorie nimmt an, daß die Körper nicht, wie die Sinneswahrnehmungen es vortäuschen, den Raum stetig erfüllen, sondern aus äußerst kleinen, nicht weiter zerlegbaren Teilchen, den Atomen, zusammengesetzt sind. Jedes Element besteht nur aus Atomen einer einzigen Art, die alle untereinander vollkommen gleich sind; eine Verbindung dagegen enthält Atome verschiedener Art, die sich nach bestimmten Zahlen und auf irgendwelche Weise zusammenlagern. Die Atome eines

Elementes besitzen ein bestimmtes Gewicht, und das Verbindungsgewicht tritt nun in nächste Beziehung zum Atomgewicht. Verbinden sich zwei oder auch mehrere Elemente miteinander, so können sich deren Atome, von denen ja der Voraussetzung gemäß [1] Bruchteile ausgeschlossen sind, nur nach ganzen Zahlen zusammenfinden. Ein besonders einfacher Vorgang ist die Bildung von gasförmiger Salzsäure aus Wasserstoff und Chlor. Auf je ein Atom Chlor kommt hier ein Atom Wasserstoff, und das Gewichtsverhältnis, nach welchem sich die beiden Elemente verbinden, ist daher gleich dem Verhältnisse ihrer Atomgewichte. Das Verbindungsgewicht wird identisch mit dem Atomgewicht und das Gesetz der konstanten Proportionen dadurch gewährleistet, daß mit einem Atom Chlor sich keine andere beliebig größere oder kleinere Menge Wasserstoff vereinigen kann als eben gerade nur ein einziges Atom. Bei der Synthese des Wassers aus Wasserstoff und Sauerstoff kommen auf ein Sauerstoffatom zwei Wasserstoffatome, und hierdurch wird gleichfalls ein ganz bestimmtes Gewichtsverhältnis festgelegt, das aber nicht mehr gleich dem der Atomgewichte, sondern gleich dem von zwei Atomgewichten Wasserstoff und einem Atomgewicht Sauerstoff ist. Auch das Gesetz der multiplen Proportionen wird durch die Atomtheorie ohne weiteres verbürgt und drückt nichts anderes als den sehr naheliegenden Gedanken aus, daß die Atome nach mehreren Zahlenverhältnissen zusammentreten können. So kommen in den verschiedenen Oxyden des Stickstoffs auf 2 Atome des letzteren entweder 1 oder 2 oder 3 oder 4 oder 5 Atome Sauerstoff.

Die Atomtheorie wird durch die Molekular-

theorie ergänzt, durch welche sie wesentlich an Klarheit gewinnt. Die verschiedenartigen Atome einer chemischen Verbindung lagern sich nicht bunt durcheinander zum greifbaren Körper zusammen. Sie vereinigen sich zunächst gruppenweise in geringer Zahl, und jede einzelne Gruppe ist ein neues selbständiges Gebilde, das gegen die anderen scharf abgegrenzt und in sich festgefügt ist. Erst diese Gebilde, die Moleküle oder Molekel, sind die unmittelbaren Bausteine der Körper. Im Falle der oben erwähnten Salzsäure bestehen die Moleküle aus je einem Wasserstoff- und einem Chloratom und im Falle des Wassers aus je zwei Wasserstoff- und einem Sauerstoffatom.

Nicht nur die Verbindungen, sondern schon die Elemente bauen sich aus Molekülen auf. Die Moleküle des Wasserstoffs, des Chlors und des Sauerstoffs fügen sich alle aus je zwei Atomen zusammen, die aber diesmal zum Unterschied von chemischen Verbindungen beide von gleicher Art sind. — Die Natur des Moleküls bestimmt den chemischen Charakter eines Stoffes. Die Ursache, welche innerhalb des Moleküls die Atome zusammenhält, wird als chemische Kraft oder Verwandtschaft bezeichnet, und nur durch chemische Eingriffe lassen sich Änderungen im Bau des Moleküls, seien es [1] Loslösungen, seien es Einfügungen von Atomen, vornehmen. Die Kräfte hingegen, welche zwischen den Molekülen tätig sind und die Anhäufung der Moleküle zu Körpern ermöglichen, sind nur physikalisch. Gegen sie ist bei rein physikalischen Eingriffen, beim Zerteilen und Schmelzen von festen Körpern und beim Zerstäuben und Verdampfen von Flüssigkeiten anzukämpfen. Auf Grund dieser Anschauung definiert man die Atome als

die kleinsten, chemisch noch reaktionsfähigen Teilchen und die Moleküle als die kleinsten Stoffteilchen, welche frei existieren.

HUGO KAUFFMANN, *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 10; Band 71, Sammlung Göschen.

XVIII. Die Aggregatzustände

Die Stoffe treten in drei verschiedenen Aggregatzuständen oder Formarten auf; sie sind entweder gasförmig wie die Luft oder flüssig wie das Wasser oder fest wie die Steine. Das Bestehen des einen oder des anderen Aggregatzustandes richtet sich außer[1] nach der chemischen Natur des betreffenden Stoffes wesentlich auch nach den äußeren physikalischen Bedingungen, nämlich nach Temperatur und Druck. Das Wasser ist bei gewöhnlicher Temperatur flüssig; in der Winterkälte wird es fest und gefriert zu Eis; in der Kochhitze wird es gasförmig und verwandelt sich in Dampf. Druckerhöhungen können sowohl das Eis wie den Wasserdampf wieder verflüssigen.

Die Gase entziehen sich viel leichter als die Flüssigkeiten oder die festen Körper der unmittelbaren Wahrnehmung.[2] Die Luft z. B. bemerken wir gewöhnlich deswegen nicht, weil sie vollkommen durchsichtig und farblos ist und unseren Bewegungen, wenn nicht gerade Winde wehen, einen nur unmerklichen Widerstand entgegensetzt. Ist dagegen ein Gas durch Farbe wie das gelblichgrüne Chlor oder durch Geruch wie der übelduftende Schwefelwasserstoff ausgezeichnet, so sind wir von seiner Gegenwart viel rascher überzeugt.

Die Gase unterscheiden sich von den flüssigen und festen Körpern dadurch, daß sie keine eigene Oberfläche besitzen. Befinden sie sich in einem Behälter, so füllen sie unabhängig von ihrer Menge denselben stets vollständig aus und haben dann lediglich die Gestalt der Innenwand desselben. Befinden sie sich im Freien, oder ist der Behälter nicht allseitig verschlossen, so vermischen sie sich mit der sie umgebenden Luft, bis sie völlig auseinander geweht sind.

Die Flüssigkeiten stehen den Gasen noch nahe[1] und teilen mit ihnen die Fähigkeit, sich völlig an die Gefäßwand anzuschmiegen. Sie unterscheiden sich aber dadurch, daß sie das Gefäß nur dann völlig erfüllen, wenn eine genügende Menge hineingebracht wird; andernfalls erfüllen sie nur den unteren Teil desselben und zeigen nun eine eigene Oberfläche, die sich auf ihrer Oberseite entwickelt und abgesehen von den Rändern völlig eben verläuft. Die Oberfläche schließt die Flüssigkeit gegen die Umgebung ab; sie bildet sich, wenn auch in anderer Gestalt, gleichfalls am Tropfen und Strahl aus und ermöglicht daher ein verlustloses Umgießen in offenen Gefäßen.

Die Eigenschaft, flüssig zu sein, ist großen Abstufungen unterworfen. Das Wasser ändert leicht und schnell seine Gestalt und wird daher als leicht- oder dünnflüssig bezeichnet; der Sirup dagegen beharrt viel länger auf einer einmal angenommenen Gestalt und läßt sich sogar in Fäden ziehen; er ist dick- oder zähflüssig. Die Flüssigkeiten unterscheiden sich also durch den Grad der Zähigkeit oder inneren Reibung. Diese kann unter Umständen[2] so groß werden, daß der Stoff erst nach Tagen oder nach sehr viel längeren Zeiten sichtbare

Spuren einer Gestaltsänderung aufweist. Der Stoff verhält sich nun als fester Körper, d. h. man hat für ihn kein Gefäß mehr nötig, da er ringsherum eine eigene Oberfläche besitzt. Er erinnert aber immer noch an die Flüssigkeiten, und bloßes Erhitzen genügt, um seine Zähigkeit zu vermindern und ihn wie etwa[1] das Pech in den leichtbeweglichen und tropfbaren Zustand zurückzuführen.

Die festen Körper sind durch eine selbständige, eigene Oberfläche ausgezeichnet, die allen Veränderungen mit einem großen Widerstand entgegenwirkt. Eine wichtige Eigenschaft ist ihre Elastizität, nämlich das Wiederverschwinden von Dehnungen und Verzerrungen mit dem Aufhören des äußeren Zwangs. Bei Flüssigkeiten und Gasen ist keine derartige auf die Rückbildung der ursprünglichen Form hinzielende Kraft vorhanden. Die festen Körper sind entweder k r i s t a l l i s i e r t oder a m o r p h. Die kristallisierten Stoffe besitzen eine aus bestimmten geometrischen Figuren gesetzmäßig gebildete Oberfläche und zerspringen beim Zerschlagen nach bestimmten Regeln. So sind die Kristalle des Kochsalzes von würfelförmig aneinanderstoßenden Quadraten oder Rechtecken begrenzt, und die aus ihnen beim Zerschlagen entstehenden Bruchstücke zeigen dieselbe würfelförmige Gestalt. Die amorphen Stoffe hingegen sind völlig unregelmäßig geformt und zerspringen in regellose zufällige Stücke mit meist muschligem Bruch. Während für die kristallisierten Stoffe die Gestalt etwas durchaus Charakteristisches ist, spielt sie für die amorphen überhaupt keine Rolle. Die amorphen Stoffe lassen sich als Flüssigkeiten von sehr hoher Zähigkeit auffassen, von denen bereits die Rede war.[2] Sie erweichen beim Erhitzen und werden mit steigender Tem-

peratur allmählich dünnflüssiger, ohne, wie die Kristalle, bei einem bestimmten Punkt plötzlich zu schmelzen.

HUGO KAUFFMANN, *Allgemeine u. physikalische Chemie,* Seite 18; Band 71, Sammlung Göschen.

XIX. Die Lösungen

KENNZEICHNUNG DER LÖSUNGEN

Werden Stoffe gemischt, so können selbst dann, wenn chemische Umsetzungen ausgeschlossen sind, immer noch zwei Möglichkeiten eintreten. Entweder bleiben sie völlig unverändert nebeneinander liegen und lassen sich durch bloße Betrachtung oder nötigenfalls durch Beobachtung unter dem Mikroskop leicht nebeneinander erkennen. Oder sie durchdringen sich und schlüpfen so vollkommen ineinander, daß nur noch eine einzige, durch und durch gleichmäßig aussehende Substanz vorzuliegen scheint.

Ein Beispiel für den ersten Fall ist die Mischung von Zucker und Benzin. Der Zucker kann in beliebig feiner[1] Verteilung beliebig lang mit dem flüssigen Benzin in Berührung bleiben, ohne daß die einzelnen Körnchen verschwänden[2] oder überhaupt sich veränderten. Ein Beispiel für den zweiten Fall ist das Verhalten des Zuckers gegen Wasser. Die Stücke verkleinern sich in Berührung mit dem Wasser und verlieren sich allmählich ganz. Die Flüssigkeit hat den Zucker aufgenommen; obgleich sie noch genau ebenso aussieht wie reines Wasser, ist sie doch etwas anderes, wie allein schon daraus hervorgeht,[3] daß sie zum Unterschied von letzterem sich durch süßen Geschmack auszeichnet. Man sagt, der

Zucker löst sich in Wasser und nennt die entstehende Flüssigkeit eine L ö s u n g.

Äußerlich betrachtet sind die Lösungen den reinen Stoffen sehr ähnlich, und wie bei diesen [1] sind die einzelnen räumlich nebeneinander befindlichen Teile [2] sowohl physikalisch wie chemisch alle von genau gleicher Art. Trifft diese Gleichartigkeit der Teile bei irgend einer Substanz zu, so bezeichnet man letztere als h o m o g e n. Man kann also, ohne sich auf Flüssigkeiten zu beschränken, ganz allgemein aussprechen: Lösungen sind homogene Mischungen. Sind die einzelnen Teile von verschiedener Art, so hat man lediglich ein m e c h a n i s c h e s G e m e n g e.

Man könnte geneigt sein, die Lösungen [3] eben, weil sie wie die reinen Stoffe völlig homogen sind, als eine chemische Verbindung der sich ineinander lösenden Bestandteile aufzufassen. Der erste Grund, der dagegen spricht, liegt in der Tatsache, daß es leicht gelingt, auf rein physikalischem Wege die Bestandteile wieder zurückzugewinnen. Die Zuckerlösung z. B. gibt beim Verdunsten das Wasser ab und läßt den Zucker zurück. Allerdings wiegt dieser erste Grund nicht schwer, denn auch unzweifelhafte chemische Verbindungen können sich ebenso leicht spalten; man denke nur an [4] das Verwittern von kristallwasserhaltigen Salzen, von Soda oder Glaubersalz. Entscheidend ist der zweite Grund, nämlich das Nichtzutreffen des Gesetzes der konstanten und multiplen Proportionen. Man kann das Gewichtsverhältnis der die Lösung bildenden Stoffe stetig verändern; man kann ganz nach Belieben viel oder wenig Zucker in Wasser lösen und konzentrierte oder verdünnte Lösungen herstellen. Da hiernach eine Lösung nicht

als eine chemische Verbindung zu betrachten ist, so heißt man sie ein p h y s i k a l i s c h e s G e m i s c h.

Häufig sind Lösungen entweder mit reinen Stoffen oder auch mit anderen Lösungen in Berührung, und alles zusammen bildet dann ein System von Körpern, welches im Gleichgewicht sich befinden oder in einer Umänderung begriffen sein kann. Das, was geschieht, hängt ab von der Natur der Körper und von den äußeren Bedingungen, welchen man das System aussetzt. Die einzelnen homogenen Stoffe oder Lösungen jedes beliebigen Systems nennt man Phasen. Wird z. B. in Wasser so viel Zucker eingeworfen, daß sich nicht mehr alles löst, dann hat man ein System von zwei Phasen: die eine ist fest und besteht aus reinem Zucker, die andere ist flüssig und besteht aus der Zuckerlösung. Von Phasen redet man schon, selbst wenn nur ein einziger Stoff ins Spiel kommt, nämlich dann, wenn derselbe in verschiedenen Aggregatzuständen oder in verschiedenen polymorphen Formen gleichzeitig vorhanden ist. In schmelzendem Eis bildet das entstehende Wasser eine Phase und das Eis eine zweite.

HUGO KAUFFMANN, *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 79; Band 71, Sammlung Göschen.

XX. Lösungen fester Körper

Die wichtigsten Lösungen, die am häufigsten in Frage kommen,[1] sind solche von festen Körpern in Flüssigkeiten. Die Bedeutung derselben ist darin zu suchen, daß durch den Vorgang der Auflösung der feste Körper gewissermaßen verflüssigt und im allgemeinen erst hier-

durch in einen für chemische Reaktionen tauglichen Zustand versetzt wird. Eine Flüssigkeit, in der sich ein fester Körper aufzulösen vermag, wird als Lösungsmittel bezeichnet.

Die Aufnahmefähigkeit des Lösungsmittels ist stets begrenzt und richtet sich nach der Natur des festen Körpers. Wasser z. B. löst reichliche Mengen von Kochsalz und fast nichts von Naphthalin; Alkohol verhält sich umgekehrt, bevorzugt das Naphthalin und nimmt vom Kochsalz kaum etwas auf. Die Stoffe sind also bald leicht, bald schwer löslich. Im extremen Fall sind sie unlöslich oder, genauer gesagt, so ungeheuer wenig[1] löslich, daß die äußerst minimalen Spuren gelöster Substanz für die meisten Fragen gar nicht mehr ins Gewicht fallen und ganz vernachlässigt werden können.

Man nennt eine Lösung, die das Maximum an zu lösender Substanz[2] aufgenommen hat, g e s ä t t i g t und jede ärmere Lösung u n g e s ä t t i g t. Die Löslichkeit wird durch die bis zur Sättigung erforderliche Substanzmenge gemessen und ist auf eine bestimmte Menge des Lösungsmittels zu beziehen. Sie verändert sich mit der Temperatur und wächst weitaus in der Mehrzahl der Fälle in der Hitze. Der Gehalt einer Lösung, sei sie gesättigt oder nicht, wird durch die K o n z e n t r a t i o n angegeben, d. h. durch das Gewicht des gelösten Körpers, welches sich in der Volumeneinheit der Lösung befindet. Für chemische Fragen ist es indessen zweckmäßiger, sie anders und zwar durch die Anzahl Mole pro Liter Lösung zu messen. Der Begriff der Konzentration ist übrigens, wie betont werden muß, nicht nur auf Lösungen fester Körper in Flüssigkeiten beschränkt, sondern hat auch für Lösungen jeder Art Gültigkeit.

Durch Zugabe weiterer Mengen des Lösungsmittels läßt sich die Konzentration jeder gesättigten und ungesättigten Lösung bis zu jedem beliebigen Grade verringern. Lösungen, die einen großen Überschuß an Lösungsmitteln enthalten, heißt man verdünnt, während man jene, die nahezu gesättigt sind, konzentriert nennt. Um eine Lösung zu sättigen, schüttelt man sie längere Zeit mit einer größeren Menge der festen Substanz; der Überschuß derselben setzt sich nach beendeter Operation zumeist am Boden des Gefäßes ab und führt in Rücksicht hierauf auch die Bezeichnung Bodenkörper. Die Lösung bildet eine flüssige und der Bodenkörper eine feste Phase, und beide stehen miteinander im Gleichgewicht. Ob dabei der Bodenkörper als kompaktes Stück oder als feines Pulver vorliegt, ist nur für die Auflösungsgeschwindigkeit von Einfluß, aber sonst gleichgültig; seine gesamte Menge, insofern sie nur aus völlig gleichartigem Material besteht, wird nur als eine einzige Phase betrachtet.

Das Verhalten einer Lösung beim Erhitzen hängt von der Flüchtigkeit des Lösungsmittels und des gelösten festen Körpers ab. Ist das Lösungsmittel leicht verdampfbar und der feste Körper sehr schwer flüchtig, wie etwa im Beispiel der Kochsalzlösung, so geht beim Erwärmen das Lösungsmittel dampfförmig fort, und die Lösung wird, falls sie vorher verdünnt war, immer konzentrierter, bis sie schließlich den Sättigungspunkt erreicht. Weitere Zufuhr von Wärme kann die Konzentration nicht höher steigern, und daher beginnt nun die Ausscheidung des festen Körpers, die Bildung eines Bodenkörpers, die ihren Abschluß dann findet, wenn der letzte Rest des Lösungsmittels verdampft ist. Durch

diesen Prozeß wird, wie man sagt, die Lösung zunächst eingeengt und schließlich zur Trockene eingedampft. Der Siedepunkt der Lösung geht beim Einkochen anfänglich fortwährend in die Höhe, wird aber nachher, wenn die Abscheidung des Bodenkörpers einsetzt, völlig konstant. Ist nicht nur das Lösungsmittel, sondern auch der gelöste Stoff flüchtig, so liegen die Verhältnisse komplizierter, und ebenso, wie dies bei Flüssigkeitsmischungen beschrieben wurde, destillieren nun beim Sieden beide gleichzeitig über.

Abkühlen der Lösung bewirkt, da die Löslichkeit in der Regel mit sinkender Temperatur abnimmt, Wiederausscheidung eines Teils des gelösten Körpers. Je konzentrierter die Lösung ist, desto geringerer Abkühlung bedarf es bis zum Eintritt dieser Wiederausscheidung. Mit zunehmender Abkühlung wächst die sich ausscheidende Menge und verringert sich zugleich die Konzentration der Lösung. Schließlich gelangt[1] man dabei an einen Punkt, in welchem nun auch das Lösungsmittel zu erstarren beginnt, und jetzt ist jeder weiteren Temperaturerniedrigung ein Riegel vorgeschoben. Man nennt diesen Punkt den kryohydratischen oder eutektischen. Das ist der tiefste Punkt, bei welchem unter gegebenem Druck die Lösung existieren kann; jede weitere Entziehung von Wärme hat lediglich die Wirkung, daß neben dem gelösten Stoff sich gleichzeitig auch das Lösungsmittel abscheidet und zwar in demselben nun konstanten Zahlenverhältnis, in welchem sie in der Lösung noch vorhanden sind, so daß der Eindruck einer erstarrenden, einheitlichen Flüssigkeit wachgerufen wird. Die Temperatur läßt sich erst dann wieder weiter erniedrigen, wenn alles fest geworden ist.

Der kryohydratische Punkt ist dadurch charakterisiert, daß in ihm drei Phasen, nämlich die Lösung, der feste Körper und das erstarrte Lösungsmittel miteinander im Gleichgewicht stehen. Er liegt bei einer Kochsalzlösung bei $-22°$, also verhältnismäßig tief, und dies ist nicht ohne praktisches Interesse. Wird Eis oder Schnee mit Kochsalz bei irgendeiner höheren Temperatur zusammengebracht, so befindet sich die Mischung nicht im Gleichgewicht, und daher verschwindet die eine der beiden festen Phasen und bildet zusammen mit einem Teil der anderen eine Lösung. Hierauf beruht die Verwendung von Kochsalz zum Auftauen von Eis und Schnee im Winter.

HUGO KAUFFMANN, *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 86; Band 71, Sammlung Göschen.

XXI. Die festen Körper

ERSTARREN UND SCHMELZEN

Kühlt man Flüssigkeiten genügend weit ab, so erstarren sie und verwandeln sich in einen festen Körper. Die festen Körper sind dadurch gekennzeichnet, daß sie eine eigene Gestalt besitzen, und daß diese allen Veränderungen großen Widerstand entgegensetzt. Gestaltsänderungen, wie z. B. Krümmen oder Verlängern, sind zwar bis zu einem gewissen Grade möglich, gehen aber nach Aufhören des äußeren Zwangs dank den in ihnen schlummernden elastischen Kräften mehr oder weniger zurück. Getrennte Stücke fließen durch bloße gegenseitige Berührung nicht wieder zusammen.

Um einen festen Körper zu schmelzen, also ihn zu

verflüssigen, muß man ihm Wärme zuführen. Handelt es sich um einen kristallisierten Körper, so tritt die Verflüssigung ähnlich wie bei der Verdampfung von Flüssigkeiten, bei einer ganz bestimmten Temperatur, dem Schmelzpunkt ein, der aber von dem Druck sehr viel weniger abhängig ist als der Siedepunkt. So bewirkt beim Eis eine Drucksteigerung von einer Atmosphäre ein Sinken des Schmelzpunkts um nur[1] 0,008°. In anderen Fällen geht der Schmelzpunkt in die Höhe,[2] z. B. bei der Essigsäure pro Atmosphäre um 0,024°. Die zur Schmelzung von einem Gramm des Körpers erforderliche Wärmemenge[3] wird als Schmelzwärme bezeichnet und beträgt beispielsweise für das Eis 80 cal.

Diese Wärmemenge wird abgegeben, wenn der umgekehrte Vorgang, nämlich Erstarren der Schmelze, stattfindet. Die Temperatur, bei welcher das Erstarren eintritt, wird Erstarrungs- oder Gefrierpunkt genannt und ändert sich während des ganzen Vorganges nicht. Sie sollte stets gleich dem Schmelzpunkt sein; es ist jedoch gar keine Seltenheit, daß das Erstarren erst bei niedrigeren und wechselnden Temperaturen einsetzt. Schuld an diesem unregelmäßigen, anormalen Verlauf sind Überschreitungserscheinungen. Ebenso wie die Flüssigkeiten sich überhitzen lassen, können sie auch überkaltet werden und noch weit unterhalb ihres wahren Gefrierpunktes existieren. Der Zustand einer überkalteten Flüssigkeit ist wenig beständig, und sehr leicht, namentlich wenn ein Kriställchen des festen Körpers eingeworfen wird, erstarrt unter Erwärmung die ganze Masse.

Viele feste Körper lassen sich ohne vorausgehende

Schmelzung unmittelbar in Dampf verwandeln. Diese direkte Vergasung oder S u b l i m a t i o n ist ein Kennzeichen dafür, daß auch feste Körper einen Dampfdruck besitzen, und daß dieser manchmal sehr hoch sein kann. Leicht sublimierende Substanzen sind z. B. Kampfer und Naphthalin, welche schon bei gewöhnlicher Temperatur, rascher bei gelinder Erwärmung völlig verdampfen und sich dann an kalten Gegenständen leicht wieder in festem Zustande absetzen. Bei Stoffen, die sehr zur Sublimation neigen, fällt es oft schwer, sie überhaupt zu schmelzen, namentlich, wenn nur kleine Mengen in Betracht kommen, da vorher schon alles verdampft. Es ist sogar der Fall denkbar, daß der Siedepunkt niedriger als der Schmelzpunkt liegt, wie etwa beim Phosphorpentachlorid, das daher unter gewöhnlichem Druck wohl verdampfbar, aber nicht schmelzbar ist. Erst[1] durch Anwendung höherer Drucke, welche ja den Siedepunkt in die Höhe treiben, gelingt es, solche Stoffe auch in den flüssigen Zustand zu bringen.

HUGO KAUFFMANN, *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 65; Band 71, Sammlung Göschen.

XXII. Oberflächenspannung

Ein wichtiges Merkmal, welches die Flüssigkeiten von den Gasen scharf unterscheidet, ist die Ausbildung einer eigenen Oberfläche. Der ausreichende Grund für diese Ausbilding ist in den starken Anziehungskräften zu suchen, welche zwischen den Molekülen der Flüssigkeiten tätig sind, und welche an der Oberfläche beson-

dere Verhältnisse schaffen. Im Innern einer Flüssigkeit heben sich die Kräfte, die auf ein Teilchen wirken, gegenseitig auf, da es ringsum von anderen Teilchen umgeben ist. Liegt es dagegen in der Oberfläche, so wird es nur zur Hälfte [1] von der Flüssigkeit umgeben und grenzt nun zur Hälfte an ein Gas oder Dampf. Sowohl die gasförmige wie die flüssige Hälfte üben anziehende Kräfte auf das Teilchen aus; da aber die Wirkung der letzteren weitaus überwiegt, so kommt eine Resultante zustande, welche das Teilchen senkrecht zur Oberfläche in die Flüssigkeit hereinzuziehen sucht. Diese Resultante, welche die Bezeichnung B i n n e n d r u c k führt, ist sehr groß und beträgt beim Wasser etwa 12 000 Atmosphären. Dieser Binnendruck ist beim Übertritt des Teilchens in die gasförmige Hälfte, d. h. bei der Verdampfung, zu überwinden.

Der Binnendruck preßt die Flüssigkeit auf ein möglichst kleines Volumen zusammen, so daß ein Tropfen, der allen anderen Einflüssen entzogen ist, von allein Kugelgestalt annimmt. Die äußere Oberflächenschicht, in der natürlich der Binnendruck am größten ist, umschließt die Flüssigkeit gewissermaßen wie ein elastisches Häutchen, das sich zusammenzuziehen sucht. Es treten also in dieser Schicht Kräfte auf, welche auf eine Verkleinerung der Oberfläche abzielen; man nennt sie O b e r f l ä c h e n s p a n n u n g. Denkt man sich [2] eine Strecke von 1 cm Länge auf der Oberfläche angezeichnet, und ermittelt man die senkrecht auf diese Strecke nach der einen Seite in der Oberfläche selbst wirkende Kraft, so mißt diese Kraft die Oberflächenspannung.

Die Oberflächenspannung ist die Ursache der Kapillaritätserscheinungen, welche daher auch zur Messung

jener [1] dienen können. Taucht man ein enges Röhrchen, eine sogenannte Kapillare, senkrecht in eine dasselbe benetzende Flüssigkeit ein, so steigt diese in demselben in die Höhe und bildet darin eine gekrümmte, an der Röhrchenwand sich emporziehende, freie Oberfläche, den sogenannten Meniskus. Der Meniskus ist von einem wagrechten Kreise begrenzt, der an der Wand anliegt und die höchst gestiegenen Flüssigkeitsteilchen enthält. An diesem Kreise wirken die Oberflächenspannungen in der Weise [2] ein, daß sie die Meniskusoberfläche zu verkleinern versuchen. Infolgedessen treten an dem Kreise von unten nach oben gerichtete Zugkräfte auf, welche der gehobenen Flüssigkeitsmenge das Gleichgewicht halten.

HUGO KAUFFMANN, *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 63; Band 71, Sammlung Göschen.

TECHNIK

XXIII. Die Erfindung des Zements

In diesem Jahre (1911) wird ein Zeitraum von hundert Jahren seit Erfindung des Zements zu Ende gehen. Im Jahre 1811 hatte ein einfacher Maurer in Leeds in England, Joseph Aspdin, nachdem er lange Zeit daran gearbeitet hatte, ein Patent auf die Zusammenstellung von Zement für sich in England erwirkt, und obwohl es noch recht lange Zeit brauchte, ehe dieser neuerfundene Stoff in praktischen Gebrauch kam, kann und muß das Jahr 1811 als das Geburtsjahr des Zements angesehen werden.

Im Jahre 1828 machte Aspdin ein Angebot auf Lieferung der Maurerarbeiten beim projektierten Bau des Themse-Tunnels und erklärte, zur Herstellung der Maurerarbeiten nur Zement benützen zu wollen. Bei dieser Gelegenheit beschrieb der Erfinder diesen neuen Stoff folgendermaßen: „Kalkstein, entweder in zerbröckelter oder pulverisierter Form, wird zunächst durch Brennen zu Kalk reduziert. Dieser Kalk wird hierauf mit einer bestimmten Masse von Erde oder Ton vermischt, worauf genügendes Wasser hinzugemischt wird, bis das Ganze[1] die Form und Gestalt eines dicken Kleisters oder einer Paste annimmt. Diese Masse wird getrocknet, in Stücke zerschlagen und in einem Glühofen, ähnlich einem Kalkglühofen, hart gebrannt (kalziniert) und dann zu einem feinen Pulver zermahlen."

Ob Zement damals schon beim Bau des Tunnels verwendet wurde, ist nicht bekannt; dieser Bau wurde damals überhaupt nicht zu Ende geführt; es dauerte aber fast vierzig Jahre, bis der Wert des Zements anerkannt wurde. Im Jahre 1853 erschien in England eine Broschüre über die Anwendung von Portland-Zement. Diesen Namen erhielt er von der Ähnlichkeit, welche der gehärtete Zement mit dem aus den berühmten Kalksteinbrüchen auf der Insel Portland in Dorsetshire an der Südküste von England gewonnenen Kalkstein [1] hat. In den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika hat man, sogar in Lehrbüchern, die Ansicht vertreten, der Name rühre von der Stadt Portland im Staate Maine her,[2] was aber vollständig unrichtig ist, da man den Namen Portland-Zement schon kannte, ehe das erste Faß Zement in den Vereinigten Staaten überhaupt erzeugt wurde.

Wie so manchem anderen Erfinder seine Erfindung von anderen gleiche Ziele erstrebenden Personen streitig gemacht wurde,[3] so geschah es auch Joseph Aspdin. Plötzlich stand ein gewisser Isaac Charles Johnson in England auf, der heute noch als ein Mann von nahezu 100 Jahren lebt, und behauptete, der Erfinder des Zements zu sein, obgleich sich Aspdin mit einem amtlichen Erfinder-Patent aus dem Jahre 1811 ausweisen konnte. Jedenfalls hat Johnson die weitere Ausbildung des mit dem Gebrauch von Zement verknüpften Verfahrens gefördert.

Sei dem wie immer,[4] Tatsache ist, daß sich der Zement mit der Zeit zu einem wahren Wohltäter der Menschheit ausbildete. Wie man sagt: wir leben im Zeitalter der Maschine, oder der Elektrizität, oder des Stahls usw.,

so kann man auch mit Recht sagen: wir leben im Zeitalter des Zements. Heute hat die Anwendung dieses Stoffes Dimensionen angenommen, welche alle, selbst die kühnsten Erwartungen bei weitem überflügeln. In den Vereinigten Staaten wird heute nicht nur Zement zum Baue der Häuser verwendet, das geschieht jetzt in der ganzen Welt, wo Häuser gemauert werden, es werden sogar ganze, namentlich kleinere Einfamilienhäuser vollständig aus Zement aufgeführt, weil die darin enthaltenen Wohnräume in hervorragender Weise den Ansprüchen der modernen Hygiene entsprechen und die Häuser von innen und außen mittels eines gewöhnlichen Gartenspritzenschlauches gereinigt werden können.

In England, welches zuerst die führende Stelle in der Portland-Zement-Industrie einnahm, war es Pasley, der den Grund zu der Bildung der Groß-Industrie legte. William Aspdin, der Sohn des Erfinders, hatte allerdings auch eine Firma gebildet (Aspdin, Ord & Co.), welche Zement in größerem Maßstabe erzeugte, konnte aber mit Pasley nicht gleichen Schritt halten.[1] Aspdin jun. hatte in den fünfziger Jahren [2] den Bau eines prächtigen Hauses ganz aus Zement in Gravesend begonnen, mußte aber, weil ihm die Geldmittel ausgingen, das Haus unvollendet lassen. Eigentümlich berührt es, wenn wir eine öffentliche Ankündigung seiner Firma lesen, die dahin geht,[3] daß sie allein den Zementbedarf der ganzen Welt decken könne, denn sie sei im Stande, bis zu 3000 Fässer per Woche zu erzeugen. Heute werden in Deutschland allein mehr als 3000 Fässer per Tag erzeugt, und nahezu die Hälfte davon ins Ausland exportiert.

Größere Bauten, namentlich Wasserbauten, wären jetzt ohne Zement nicht mehr ausführbar. Wie könnte

man heute den Panamakanal bauen, wollte oder müßte man Stein verwenden überall dort, wo Widerstand gegen das Wasser zu überwinden ist? Wo sollte man das Geld hernehmen, um diese Unmasse Stein anzuschaffen und zum Kanal zu verführen, während jetzt mit verhältnismäßig geringen Kosten die Schiffsladungen von gefüllten Zementfässern hingeführt werden können. Die große Wasserleitung, die jetzt in Wien unter dem Namen Kaiser-Franz-Joseph-Leitung in Benützung gestellt wurde, die gleichfalls riesengroße Wasserleitung, die jetzt in New York von den Adirondacks zur Stadt New York geführt wird, die Leitung, die von der Eastern Colorado Power Co. von den Rocky Mountains für ihre Wasserwerke gebaut wird, sie alle und noch viel mehr ähnliche Werke wären nicht möglich gewesen ohne Zement und „Konkrete." Unter der letzteren Bezeichnung versteht man eine Mischung von Zement mit Kieselsteingeröll oder zerschlagenen Steinen anderer Art, die sich hauptsächlich für unterseeische Bauten eignet.

Aber noch reicher winkt die Zukunft dem Zement und dem Konkret. Die ganze zivilisierte Welt sucht augenblicklich ein für Straßenpflaster verwendbares Material, welches der zerstörenden Wirkung des Automobils und des Kraftwagens erfolgreich Widerstand leisten könnte. Selbst die bestgebauten und stärksten Chausseen sind in den letzten fünf Jahren von den Automobilen stark mitgenommen worden. Und nun wird schon an manchen Stellen der Versuch gemacht, die Straße der Zukunft aus Konkrete und das Pflaster auf den Bürgersteigen aus Zement herzustellen.

Es sind allerdings durch die Anwendung des Zements im Baugewerbe mancherlei Probleme wachgerufen wor-

den, die jetzt noch ihrer letzten Lösung harren. Man muß beim Mischen des Zements und des Konkrets mit großer Vorsicht vorgehen, eine unachtsame Mischung paralysiert die Verwendbarkeit dieses Materials, was dann sehr verhängnisvolle Folgen nach sich ziehen kann. Mancher Bau ist schon eingestürzt wegen schlechter Herstellung des Zements. Auch andere Nachteile können sich mitunter zeigen. So z. B. spalten sich Konkret-Blöcke, welche eiserne Stäbe oder Röhren in sich tragen, durch elektrolytische Korrosion. Aber die Überwindung aller dieser Schwierigkeiten ist nur eine Frage der Zeit. Unbestreitbar jedoch ist der große Nutzen, den das Zement heute bereits dem Menschen leistet.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 15, vom 1. Aug. 1911, Seite 295.

XXIV. „Über das offene Meer"

Wir sind von der Technik tatsächlich verwöhnt worden; so verwöhnt, daß sich bereits eine gewisse Blasiertheit herausgebildet hat, und technische Großtaten, die noch vor zwei Jahrzehnten das allgemeine Erstaunen und das tiefgehendste Interesse ausgelöst hätten, fast spurlos an uns vorüber gehen. Wie viele Leute mag es wohl in Europa geben, die davon wissen, daß drüben in den Vereinigten Staaten, allerdings in einem Teile, der von der europäischen Reisenden-Invasion nicht besonders stark heimgesucht wird, seit 1912 eine gar nicht kleine Eisenbahn im Betriebe steht, die über das offene Meer fährt und es ermöglicht, daß man in New York ruhig den Eisenbahnwagen besteigt und in Havannah, der

Hauptstadt der Insel Cuba wieder verläßt, ohne jemals während der ganzen Fahrt ausgestiegen zu sein. (Die „Welt der Technik" hat selbstverständlich seinerzeit darüber kurz berichtet). Die Bahn fährt von der Südspitze Floridas bis nach Havannah über das offene Meer, allerdings über einen recht großen Teil der Strecke, fast der Hälfte, im Trajektverkehr, der keine Neuheit bildet. Wer in New York weilte, weiß, daß der East River, der Hudson und die New York-Bay fast ununterbrochen von Flachbooten durchkreuzt werden, die von kleinen Dampfern geschleppt, 10, 12 ja 20 aneinander gekoppelte Frachtwagen tragen, welche Frachten und Güter von den Bahnhöfen und Docks, die sich auf der einen Wasserseite befinden, zu den auf der anderen Seite befindlichen tragen. Auch in Europa sind diese Trajektverkehre schon seit sehr langer Zeit bekannt; wir erinnern nur an die Dampffähren zwischen Warnemünde [1] und Gjedser, zwischen Saßnitz und Trelleborg u. a. Die Eisenbahn aber, von der wir jetzt sprechen, und die nach Überwindung großer Schwierigkeiten und mit großen Kosten gebaut wurde, ist doch etwas ganz anderes, sie ist eben nur zum Teil Trajektbahn, nur dort, wo die Anlegung einer anderen Bahn nicht möglich war; in einem großen Teile der Strecke fährt der Zug direkt über das Meer, von eigener Lokomotive gezogen, auf eigenen Rädern, mit eigener Kraft, nicht als Frachtstück eines Schleppbootes, sondern als selbsttätig wirkendes Beförderungsmittel.

Diese Bahn steht heute vereinzelt da [2] und wird wohl auch stets ohne Nachahmung bleiben; ihr Bau war nur an einer Stelle möglich, wo, wie in der Wasserstraße zwischen Florida und Key West eine Unzahl kleiner

Inseln, die Key-Inseln (Schlüssel-Inseln) gelagert sind und die Wassertiefe verhältnismäßig gering ist. Diese Inseln ermöglichen, daß man mit zahlreichen Viadukten die Meeresstraßen überbrückte und so eine Bahnstrecke schuf, die viele Meilen weit ins offene Meer hinausgeht. Diese Viadukte sind von verschiedener Länge, bald kürzer, bald wieder länger, mitunter auch sehr lang; die kürzesten Viadukte haben eine Länge von $2\frac{1}{2}$–3 km, der längste, der sich bei der Insel Long Key befindet, mißt 11 233 m. Er besteht aus 186 Wölbungen, die auf massiven, in den Meeresboden eingerammten Pfeilern ruhen. Wenn sich der Bahnzug in der Mitte dieses Viaduktes befindet, verliert der Reisende auch nach Norden und Süden hin das Land vollständig aus dem Auge (nach Osten und Westen sieht er ohnedies immer nur die gewaltige Wasserfläche) und hat das Gefühl, sich auf offener See zu befinden, und tatsächlich befindet er sich auch auf ihr.

Florida ist für die Vereinigten Staaten das, was die Riviera für Europa bedeutet, es ist das „Winter-Resort" aller derjenigen, die dem oft recht strengen amerikanischen Winter aus dem Wege gehen wollen und so vorsichtig waren, sich rechtzeitig die dazu erforderlichen, nicht unbeträchtlichen Geldmittel zu beschaffen. Nun hat Florida zwar auch im Winter ein sehr mildes Klima und fast tropische Vegetation, bietet aber doch nur geringe landschaftliche Schönheiten, und auch sonst ist sein Ruf in hygienischer Beziehung nicht der allerbeste. Die Elite der New-Yorker Millionäre, die nicht Zeit genug haben, im Winter nach Ägypten oder sonst in ein fern entlegenes warmes Land zu gehen, benutzen Florida zu kurzem Zwischenaufenthalte und gehen von

STRECKE AUF DER FLORIDA EAST COAST EISENBAHN

Diese Bahn stellt eine der glänzendsten Errungenschaften der modernen Ingenieurkunst dar

da nach Key West, der paradiesischen Insel in der Wasserstraße zwischen Florida und Cuba, die sich seit einigen Jahren zu einem der fashionabelsten Seebäder der westlichen Hemisphäre herausgebildet hat. New Port und Key West sind die Angelpunkte, zwischen denen das Leben des New-Yorker Börsenmatadors[1] hin und her pendelt, insoweit es nicht vom „business" in Anspruch genommen ist. Aber der Weg nach Key West war immer mit manchen Schwierigkeiten und Fährnissen verbunden, man mußte von Miami, dem Hafen an der Küste von Florida, mit Schiff hinfahren. Das Meer ist trotz der geringen Wassertiefe an dieser Stelle ziemlich häufig unangenehm erregt und die Schiffahrt gerade wegen der großen Zahl von Inseln und der sehr vielen ihnen vorgelagerten Riffe und Untiefen keineswegs ganz gefahrlos. Und so wurde die Bahn gebaut, die alle diese Schwierigkeiten überwindet und die Fahrzeit beträchtlich abkürzt. „Time is money."

42 Inseln berührt und 42 Wasserstraßen überwölbt der besprochene Eisenbahnviadukt auf dem Wege von Miami bis Key West. Jeder der unzähligen Riesenpfeiler ist tief in den Korallengrund des Meeres eingerammt und um die Pfähle liegen gewaltige Betonblöcke, deren Zwischenräume von dicken Zementschichten ausgefüllt sind. Man mußte dem Baue eine ganz außergewöhnliche Festigkeit geben, denn in jener Gegend sind Zyklone recht häufig und auch Erdbeben nicht selten.

Diesem festen Unterbau entspricht auch der Oberbau. Das Schienengleis liegt zehn Meter über dem Wasserspiegel. Man hat in jahrelangen Beobachtungen festgestellt, daß auch beim heftigsten Sturme die Wellen

nie höher als 8 Meter gingen, und man baute noch um 2 Meter höher, da man den Bahndamm unter allen Umständen davor bewahren wollte, daß er von Sturzwellen erreicht wird. Unterstützt wurde das Unternehmen dadurch, daß die Schiffahrt in jenem Teile der See nur sehr schwach entwickelt ist; man hat Vorsorge getroffen,[1] daß an einzelnen Stellen für Mastschiffe, deren Maste über 10 Meter hoch sind, Durchgänge geschaffen werden können.

210 Kilometer lang ist die Strecke von Miami bis Key West, also nahezu 30 deutsche Meilen. Der Bau kostete über 60 Millionen Mark, das ist zirka 285 000 Mk. pro Kilometer, gewiß nicht wenig, besonders wenn man bedenkt, daß nur wenig Grundeigentum zu erwerben war und dieses geringe nicht viel kostete. Die Bahn wurde unter dem Patronat hervorragender New-Yorker Finanzmänner von der Florida East Coast Railway Co. erbaut und wird auch von dieser Gesellschaft verwaltet; über ihre wahrscheinliche Rentabilität sind die Ansichten geteilt; auch die begeistertsten Gründer dürften nicht von allzu optimistischen Erwartungen erfüllt sein.

Vielseitig waren die Vorsichtsmaßregeln beim Bau gewesen, und wer ihn sieht, möchte glauben, so stark, so wohlgefügt wird er wohl Jahrhunderte überdauern. Und dennoch gibt sich niemand einer Illusion hin, und man weiß, daß der kostspielige, teure Bau von Gefahren umdräut[2] ist, denen er jeden Augenblick vollständig oder zum Teil unterliegen kann. Es sind nicht so sehr die Erdbeben, die er zu fürchten hat, für diese ist er zu stark gebaut, es müßte ein ganz außergewöhnlich starker Erdstoß kommen. Bedenklich sind aber die Wirbelstürme, die im Antillenmeer oft mit einer Heftigkeit

auftreten, wie sonst nirgends auf der ganzen Erde, den Meerbusen von Bengalen vielleicht ausgenommen. Man erinnere sich nur an die Wirbelsturmkatastrophe, die im Jahre 1900 die Stadt Galveston (Texas) verwüstete und Tausenden von Menschen das Leben kostete. Im Oktober 1909 fand an derselben Stelle, an der die Bahn gebaut wurde, ein Wirbelsturm statt, der viel bereits Geschaffenes zerstörte und die ganze Fortsetzung des Baues in Frage stellte. Bricht einmal solch ein Wirbelsturm in voller ungebändigter Heftigkeit aus, gerade in der Gegend, in der sich der Viadukt befindet, dann wird wahrscheinlich das Gebild der Menschenhand den Elementen weichen müssen. Und sollte sich zu dieser Zeit ein Eisenbahnzug auf den Schienen bewegen und vom Sturme erfaßt werden, dann — Gnade Gott den armen Seelen! Man gedenke nur des Schicksals der alten Taybrücke in Schottland, einer Brücke von 3250 m Länge, die im Dezember 1879 von einem Sturm erfaßt und großenteils zerstört wurde. Und was vermag die Heftigkeit selbst des stärksten Sturmes in diesen nördlichen Gegenden der gemäßigten Zone gegen einen der Wirbelwinde zu sagen, von denen die Inseln und Küsten im Antillenmeer heimgesucht werden. Es ist jedenfalls fraglich, ob diesem schönen Werke der modernen Baukunst ein langes Alter beschieden sein wird; trotzdem ist der Amerikaner stolz auf dieses Werk und hat auch berechtigte Ursache dazu. Er weiß es, daß eine Bahn, die von Insel zu Insel springend eine Strecke von 210 Kilometer weit in das offene Meer hinausführt, vorläufig ohnegleichen bleiben wird, und deshalb abermals einen amerikanischen „Rekord" bildet, der den echten Amerikaner mit Glück und Stolz erfüllt. Daß das Werk

vielleicht nicht für die Ewigkeit bestimmt ist, bedeutet nicht allzu viel in dieser vergänglichen Welt.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 15, vom 1. Aug. 1913, Seite 288.

XXV. Amerikanisches Erz und amerikanische Kohle

Eisen und Kohle sind zwei der wichtigsten Schlüsselpunkte der amerikanischen Industrie. Wohin der Reisende, der ins Land gekommen ist, um das technische Leben kennen zu lernen, im Osten wie im Zentrum des gewaltigen Länderkomplexes seine Schritte lenkt, überall stößt er auf Erz und Kohle, auf Eisen und Stahl, in der einen oder anderen Form. Buffalo und Cleveland, Chicago und Duluth, St. Paul und Pittsburg, alle diese Städte, die erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts emporgeblüht und groß geworden sind, liegen an der Peripherie eines Kreises, in dessen Innerem Kohle und Eisenerz gefördert, Eisen und Stahl erzeugt werden, beides in einer Massenhaftigkeit, in einem Umfange und einer Ausdehnung, wie in keinem anderen Lande der Welt. Und schon greift die Industrie weit über diesen Kreis hinaus; denn gewissermaßen als Antwort auf die vielen Mahn- und Schreckrufe, welche die baldige Erschöpfung der Kohlen- und Erzlager Amerikas in betrübende Aussicht stellen, hat man neue Kohle, neues Erz in Alabama, in Nevada, in Nebraska und in dem noch weltverlorenen Alaska gefunden.

Würden[1] in den Vereinigten Staaten beide Erzeugnisse, Kohle und Erz, in unmittelbarer Nähe voneinander gefunden werden, Amerika wäre in der Eisen- und Stahl-

erzeugung das idealste Land. Das ist aber nicht der Fall, und das Erz muß oft tausend und noch viel mehr Kilometer zurücklegen, ehe es mit der Kohle zusammentrifft. Zwar hat das kohlenreiche Pennsylvanien jetzt auch einige Erzminen, auch in Alabama wurden in neuerer Zeit Erz- und Kohlenlager entdeckt, aber die gewaltigen, kompakten Erzlager Amerikas breiten sich dort, weit entfernt von den Kohlenlagern, um das westliche Ufer des Oberen Sees aus, in Michigan, in Wisconsin und namentlich in Minnesota. Im letzteren Staate gibt es ein Erzlager, die Massabe Range, die vor ungefähr 16 Jahren entdeckt wurde und seitdem ununterbrochen ausgebeutet wird. In jedem folgenden Jahre wurde die Ausbeute des vorangegangenen übertroffen, und schon seit langer Zeit ist die Ausbeute dieses räumlich doch recht begrenzten Gebietes[1] gewaltiger als die Gesamtproduktion aller Erzgebiete Deutschlands. Als man an der Legung eines Eisenbahnschienennetzes für eine Bahn nach der kanadischen Grenze arbeitete, hatte man durch Zufall das Eisenerzlager entdeckt. Sofort fand sich ein „Settler," der sich beeilte, das an und für sich[2] fast wertlose, weil steinige und öde Terrain, das nicht die Mühen und Kosten des landwirtschaftlichen Anbaues verlohnte, um billiges Geld aufzukaufen; die kleinen Grundbesitzer wären ohnedies nicht in der Lage gewesen, mit Aussicht auf Erfolg den Bergwerksbetrieb zu eröffnen. Auch waren sie wohl im Unklaren über den eigentlichen Wert der im Innern ihres Landes schlummernden Schätze, und wie man sich erzählt, gelang es dem kühnen Unternehmer, für einen Betrag von nicht ganz 50 000 Doll. ein Terrain von über 100 Quadratkilometern zusammenzukaufen, das er zuerst Carnegie

zum Ankauf um einen Preis von 5 Millionen Doll. anbot. Dieser schlug aber den Kauf in einer sonst bei ihm nicht gewöhnlichen Kurzsichtigkeit aus, und selbst Rockefeller, das Ideal des mutigen Spekulanten, konnte sich nicht zum Ankauf entschließen, bis eines Tages frisch und wohlgemut der Präsident der Great-Northern-Pacific-Bahn, der damals noch nicht so bekannte James Hill, kam und ohne sich viel zu besinnen einen Scheck über 5 Millionen Doll. niederlegte. So ging das gewaltige Erzlager in den Besitz der genannten Bahn über. Hill pachtete noch einen angrenzenden Distrikt dazu, und angestellte Messungen ergaben, daß in den zwei Distrikten über 300 Millionen Tonnen Erz lagerten. Der „Settler," der die Gunst des Augenblicks wahrnehmend, in richtiger Voraussicht der Dinge ein Terrain, das er um 50 000 Dollar zusammengekauft hat, noch im Laufe desselben Jahres um 5 Millionen Dollar weiter verkauft, die Bahn, die um 5 Millionen Dollar ein Objekt kauft, das vielleicht den fünfzigfachen Wert hat, sind lange keine vereinzelten Erscheinungen[1] auf dem Eisen- und Kohlenmarkt Amerikas, sie sind vielmehr Typen einer ganzen Klasse von Spekulanten und Industriellen. Wie hat man einst in Europa aufgehorcht, wenn es hieß, irgendein glückbegünstigter Goldsucher sei in Kalifornien auf eine Goldader gestoßen und über Nacht reich geworden! Und doch gibt es heute in den Vereinigten Staaten kaum einen einzigen Multimillionär, der sein Vermögen auf Goldfunde zurückführen könnte. Viele der auf gleißendem Gold basierten Vermögen haben sich wieder in nichts aufgelöst; die auf Kohle, auf Eisen und Stahl gegründeten gewaltigen Vermögen haben sich alle erhalten.

Die große räumliche Entfernung der Fundstätten von Kohle und der von Erz wäre geeignet gewesen, die gesamte Eisen- und Stahlindustrie zu stören und zu beeinträchtigen. Denn nie hätten Eisenbahnen den Transport von Erz von den westlichen Ufern des Superior-Sees bis tief in das Innere von Pennsylvanien hinein, wo die Hochöfen mit der gewonnenen Kohle gefüllt wurden, zu derart billigen Preisen bewältigen können, um die Industrie trotz Schutzzolls vor der englischen und auch deutschen Konkurrenz zu schützen. Da war es ein günstiger Zufall, daß die Erzminen sich in der Nähe der Seeufer befanden, und so wurde die gewaltige Mittelmeerflotte geschaffen. Hunderte von Riesenerzschiffen mit einer Fassungsfähigkeit von je 2000 bis zu 10 000 Tonnen durchfahren die fünf großen Seen, und in den Häfen von Duluth, Marquette und Two-Harbors werden jährlich Millionen Tonnen Erz verladen und streben auf verschiedenen Wegen ihren Bestimmungsorten zu. Die einen gehen durch den North Channel in den Michigansee bis hinab nach Chicago, die anderen durch den großen Huronsee, durch den St.-Clair-Kanal und durch den See gleichen Namens auf dem Detroit in den Erie-See. Hier wird das Erz entweder in Cleveland auf die Bahn verladen zum Transport über die nicht allzu lange Strecke Cleveland-Pittsburg, oder das Schiff geht, wenn es nicht zu den allergrößten gehört, durch den Erie-Ohio-Kanal direkt nach Pittsburg.

Straßen, Fuhrwerke, Pferde sieht man fast gar nicht in dem großen Minendistrikt am Oberen See. Von jeder Mine führen Schienengleise nach Iron Mountain oder nach Virginia oder einem anderen Ort, wo sich die zahlreichen Schienenstränge treffen und vereinigen, und

ununterbrochen poltern auf den Schienen die mit Erz gefüllten Züge. Wo es möglich ist, wird in offenen Minen gearbeitet, weil die Ausbeute reichlicher, leichter und minder kostspielig ist, als in den unterirdischen. Schon der Holzersparnis halber. Die unterirdischen verbrauchen, da das Eisenerzgerölle lose und bröckelig ist, ganze Wälder für die Sicherung der Stollen. Unterirdische Minen werden aber immer bleiben müssen, vor allem, weil es Minen gibt, in denen man zwei- bis dreihundert Meter tief unter die Erde steigen muß, um abbauwürdige Lager zu treffen, und dann, weil in den sehr strengen Wintern das Arbeiten in offenen Minen wegen des vielen Schnees und des Gefrierens des Erdbodens nicht möglich ist. Im Winter, freilich auch oft im Sommer, wird in den unterirdischen Bergwerken ununterbrochen, Tag und Nacht gearbeitet.

Ganz außergewöhnlich ist die Menge und Ausgestaltung der die Menschenarbeit ersparenden Maschinen. Carnegie war es, der sich bemühte, soviel als nur möglich Menschenarbeit zu eliminieren und Maschinenarbeit an ihre Stelle zu setzen, und die weitaus meisten Bergwerksbesitzer folgten seinem Beispiel. Es gab eine Zeit in den Vereinigten Staaten, und sie liegt nicht weit zurück, zu der[1] jeder anständige Ingenieur es für seine Pflicht hielt, eine Arbeit ersparende Maschine zu erfinden, und man muß es zum Ruhme der amerikanischen Bergwerksbesitzer sagen, sie sparten keine Kosten und keine Mühe, alles auszuprobieren, was nur einigermaßen Erfolg versprach. Namentlich im offenen Bergwerksbetrieb kommen Maschinen in reichstem Maße zur Geltung. Mittels der Dampfschaufel wird teils das Erz, teils auch das Gerölle vom Boden losgerissen, mittels Kran

wird die Schaufel mit Inhalt hochgehoben und der letztere in die bereitstehenden Wagen geschüttet. Das Geröll wird auf die Halde geführt, das Erz zum Hafen und auf das Schiff verladen. Das Verladen vollzieht sich auf maschinellem Wege[1] mit erstaunenswerter Schnelligkeit, und in kaum 6 Stunden ist ein Schiff, dessen Laderaum 6000–8000 Tonnen aufnimmt, vollständig angefüllt.

Dieses Vorwiegen der maschinellen Arbeit beim Erzbergbau drückt der ganzen Gegend den Stempel auf. Man braucht nicht viele Arbeiter, deshalb haben sich auch nicht viele dort angesiedelt. Wer im Massabegebiet umherschweift, findet viel Wald und öde Heide, und kann oft stundenlang gehen, ohne auf eine menschliche Niederlassung zu stoßen; hier und da ein Dörfchen, eine Kolonie, wo Arbeiter der benachbarten Minen wohnen. In der großen Mahoningmine,[2] der größten Erzmine Amerikas, die alljährlich 3 000 000 Tonnen Erz mit 60 bis 80 Prozent Gehalt liefert und, wenn man mit der ganzen Stärke arbeiten wollte, welche die maschinelle Einrichtung gestattet, auch das doppelte Quantum liefern könnte, sind durchschnittlich ungefähr 50 Menschen beschäftigt. Dieses Bergwerk wird als offene Mine betrieben und stellt sich dem Äußeren nach wie der Krater eines großen, ausgebrannten Vulkans dar.[3] Steile Wände senken sich bis zu einer Tiefe von fast 80 m hinab und längs der Wände laufen in Spiralen die Schienengleise der Bahn, die mit vielen Hunderten Wagen das Erz vom Grund der Mine hinauf befördert. Und blickt man von oben hinab in den Schlund, sieht man unten in fast verschwindender Kleinheit die Dampfschaufeln und Dampfkräne arbeiten, und bei jeder Maschine nur einige Arbeiter, die die Maschine leiten und dirigieren.

Durch diese wunderbare Organisation und durch die reiche Ausstattung mit Maschinen ist es auch gelungen, den Preis des Erzes fast ununterbrochen zu drücken. Vor 30 Jahren kostete eine Tonne Erz an der Mine noch 4 Doll., jetzt zahlt man für erstklassiges Erz, lieferbar vom Schiff im Hafen von Cleveland, an der Börse in Cleveland, dem Haupthandelsplatz für Eisenerz, 3 Doll., selten bis 3,50 Doll. Und da sind die gesamte Fracht für die Fahrt mit der Bahn von der Mine bis Duluth und für die lange Reise von Duluth bis Cleveland zu Schiff und die Kosten der Umladung in Duluth mit inbegriffen. Allerdings ist die billige Schiffahrtsfracht nur ermöglicht, weil die amerikanische Regierung auf ihre Kosten die gewaltigen und kostspieligen Schleusenanlagen bei Sault St. Marie anlegen ließ, die allein es den Schiffen gestatten, von dem hohen Niveau des Oberen Sees durch die Stromschnellen der genannten Sault St. Marie in das tiefer gelegene Niveau des Huronsees hinabsteigen zu können. Die Regierung verwaltet auch diese Wasserwerke, hält sie stets im Stand und gestattet die Durchfahrt den Schiffen vollständig unentgeltlich.

Aber zur Eisen- und Stahlbereitung gehört nicht allein Erz, sondern auch Kohle, und auch über diesen Stoff verfügen die Vereinigten Staaten in vorläufig noch unerschöpflich scheinender Menge. Vor ungefähr 40 Jahren hatte die Kohlenerzeugung der amerikanischen Union ca. 15 Millionen Tonnen betragen, jetzt dürfte die Erzeugung nicht viel weniger als 400 Millionen Tonnen ausmachen, was nahezu ein Drittel der ganzen Kohlenproduktion auf der Erde ausmacht. England war das führende Kohlenland der Erde zu einer Zeit,

zu der man noch nicht wußte, ob es in Amerika überhaupt Kohle gibt. Seitdem ist England in der Kohlenproduktion von Deutschland nahezu erreicht, von Amerika weit übertroffen worden. Die Statistik lehrt uns, daß seit 40 Jahren, also seit 1870, die Produktion in England um 110 Proz., in Deutschland um 385, in Amerika aber um 887 Proz. zugenommen hat. Allerdings war eben vor 40 Jahren die Kohlenproduktion in den Vereinigten Staaten noch sehr gering.

Im Kohlenbergbau ist menschliche Arbeit vorwiegend, wenn allerdings auch viele Maschinen verwendet werden, und in Pennsylvanien werden allein über 350 000 Kohlenarbeiter beschäftigt. Die Zahl sämtlicher in amerikanischen Kohlenbergwerken Beschäftigten dürfte wohl bis 800 000 hinaufreichen.

Die Art der Kohlenförderung ist in Amerika so ziemlich[1] die gleiche wie in Europa, nur sind die Schächte im Durchschnitt nicht so tief wie hier.

Was in Amerika die Produktion der Kohle sehr erleichtert, ist, daß die Kohle nur in geringer Tiefe, oft sogar im Erdniveau liegt. Dazu kommt, daß die Kohlenfrachten meist viel billiger sind als in Europa. Auch wird sehr viel Kohle auf den großen Flüssen versendet. Den Ohio und Mississippi hinab ziehen ganze Flotten von Transportkähnen, gezogen von kleinen Dampfern bis nach New Orleans, von wo die Kohle oft auf Ozeandampfern weit über See geht. Die Frachtboote selbst werden in New Orleans als Bauholz verkauft. Wenn Amerika noch immer keinen sehr bedeutenden Kohlenexport hat, jedenfalls nicht einen so großen wie England, so rührt dies daher, daß es einen kolossalen eigenen Kohlenbedarf hat und bisher noch immer fast das ganze

Kohlenerzeugnis für sich verwendet. Damit ist aber nicht gesagt, daß die Vereinigten Staaten etwa nicht exportfähig wären. Es ist schon vorgekommen, daß amerikanische Kohle für nicht ganze zwei Dollar die Tonne nach Italien geliefert wurde. Wenn die Vereinigten Staaten erst einmal soviel Kohle produzieren, daß ihnen ein ausreichendes Quantum zum Export übrig bleibt, dann wird die englische Kohle sicher an vielen Stellen von der amerikanischen verdrängt werden, da in Amerika die Frachtkosten der Kohle fünf- bis sechsmal so gering sind als in England. Auch entfallen in Amerika an Erzeugnis auf einen Arbeiter durchschnittlich 520 Tonnen Kohle im Jahr, in England nur 300, und dabei ist gerade der Kohlenarbeiter einer der am wenigst gut bezahlten[1] in den Vereinigten Staaten. Denn die Arbeiterschaft wird fast ausnahmslos von den eingewanderten Böhmen, Polen, Ungarn und zum kleineren Teile Italienern geliefert, geborene Amerikaner arbeiten nirgends in Bergwerken. Diese durch die unausgesetzte Einwanderung sich immer neu ergänzende Arbeiterschaft ist zwar stets mit den Löhnen unzufrieden, und in Zwischenräumen von nur sehr wenigen Jahren ereignen sich die großen Arbeiterstreiks, die oft blutig verlaufen, aber stets durch einen Vergleich beendet werden, der weniger den Arbeitern als ihren Führern Vorteile bringt.

Eine große Schattenseite des amerikanischen Kohlenbergbaues bilden die zahlreichen und oft schweren Unglücksfälle in den Kohlenminen. Nur große Unglücksfälle mit bedeutendem Menschenverlust dringen in die Öffentlichkeit, von den vielen verhältnismäßig kleineren mit geringem Menschenverlust erfährt man mei-

stens nichts. Was nun die Ursache dieser betrübenden Erscheinung ist, ob tatsächlich, wie behauptet wird, in den amerikanischen Kohlengruben schlagende Wetter sich leichter bilden als in den europäischen, ob die geringere Vorsicht, vielleicht auch die geringere Aufsicht, daran schuld tragen, ist noch keineswegs sichergestellt. Jeder Unionstaat hat seine eigenen Bergwerksgesetze, aber die keines Staates sind so streng wie die deutschen.

Sowie es beim Erz nicht an Unglückspropheten gefehlt hat, welche die baldige Erschöpfung des abbauwürdigen Erzes in baldige Aussicht stellten, so wird das baldige Versiegen der unterirdischen Kohlenmengen geweissagt. Aber diese Propheten scheinen zu Schanden zu werden. Immer größer wird die Zahl der Staaten, in denen Kohle, und zwar viel Kohle gefunden wird. Zu Pennsylvanien, das ursprünglich allein Kohlenlager besaß, gesellten sich Illinois, West Virginia, Ohio, Indiana, Colorado, Kansas, Iowa, Alabama, Kentucky und noch viele andere. Nahezu die Hälfte aller Unionstaaten haben jetzt Kohlenlager. Es gibt Kohlengebiete von gewaltiger Ausdehnung und großem Kohlengehalt, so z. B. das Flußgebiet des Schuylkill, Lehigh und Wyoming in einer Ausdehnung von ungefähr 1500 Quadratkilometer. Über 100 000 Arbeiter liefern hier über 60 Millionen der besten Anthrazitkohle im Jahr. Und so gibt es noch andere große und kleine Kohlengebiete, und die Zahl der Staaten, in deren Boden Kohlenlager sich befinden, ist wahrscheinlich noch lange nicht erschöpft. Wenn es richtig ist, daß Kohle und Eisen die Basis bilden, auf der der gesamte industrielle Aufbau ruht, dann wird die Großmachtstellung der Vereinigten Staaten, die sie in den letzten zwei Jahrzehnten errungen haben,

erklärlich. Es ist eben das Land, in dem Gott reichlich Kohle und Eisen wachsen ließ.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 17 vom 1. Sept. 1910, Seite 322.

XXVI. Die Vorräte von Eisenerz auf der Erde

Im vorigen Jahre fand in Stockholm der internationale Geologenkongreß statt, und die schwedische Regierung hatte durch hervorragende Fachleute auf der ganzen bewohnten Erde Material sammeln lassen, um festzustellen, wie groß der Eisenerzvorrat in jedem Lande und auf der Erde insgesamt ist. Denn die Frage, wie lange noch der Eisenerzvorrat im Innern der Erde aushalten wird, ist von einschneidender Bedeutung. Schließlich ist das Eisen doch der bedeutendste Träger der Kultur, und würde eines Tages der Eisenerzvorrat in der Erde versagen,[1] wäre es um alle Zivilisation geschehen.[2] Diese erwähnten, von der schwedischen Regierung beauftragten Männer arbeiteten eine große Übersicht aus, die jetzt auch den weiteren Kreisen zugänglich gemacht wurde und aus der wir, wenn auch nicht mit absoluter Sicherheit, so doch mit großer Wahrscheinlichkeit die Zukunft der Eisenerzerzeugung erkennen können.

Von der ganzen Landoberfläche der Erde entfallen dreizehn und drei Zehntel Prozent auf solche Gebiete, in denen man den vorhandenen Erzvorrat bereits berechnet, und in denen man mit festen, bestimmten und sicheren Zahlen zu tun hat. Zehn und drei Zehntel Prozent entfallen auf solche Gebiete, in denen man auf oberflächliche Schätzungen angewiesen ist. Der ganze Rest ist noch unbekannt, teils kennt man das Gebiet

noch gar nicht, teils war man noch nicht in der Lage, eine auch nur oberflächliche Schätzung vorzunehmen. Wir können uns selbstverständlich nur mit jenen Erzmengen und Erzvorräten in der Erde beschäftigen, die entweder genau berechnet oder doch annähernd genau abgeschätzt sind. Die Eisenerzvorräte, die augenblicklich bearbeitet werden, betragen rund 22 500 Millionen Tonnen, was einer Menge von ungefähr 10 000 bis 11 000 Millionen Tonnen Eisen entspricht. Die andern Erzvorräte, deren Bearbeitung man noch nicht begonnen hat, die man aber geprüft und abgeschätzt hat, werden mit 123 000 Millionen Tonnen veranschlagt, was einer Eisenmenge von ungefähr 53 000 Millionen Tonnen entspricht. Die Eisenerzeugung steigert sich alljährlich um ein sehr bedeutendes[1] und ist im Jahre 1910 bei über 60 Millionen Tonnen angelangt. Wenn diese Steigerung in gleichem Maße anhält, wahrscheinlich wird sie in einem noch immer steigenden Maßstabe sich fortsetzen, dann sind die oben erwähnten 10 000 Millionen Tonnen in 60 bis höchstens 70 Jahren erschöpft. Nun werden dann allerdings bis dahin[2] die Riesen-Erzvorräte, die einer Menge von weit über 50 000 Millionen Tonnen Eisen entsprechen, ausbeutungsfähig geworden sein. Es werden dann die Verbindungen mit den betreffenden Gegenden sich vervollkommnet haben, es werden viele Gebiete der Kultur zugeführt worden sein, und, können[3] die auf über 120 000 Millionen Tonnen geschätzten Erzvorräte erst einmal zur Förderung gelangen, dann ist die Welt für einige hundert Jahre mit Eisen reichlich versorgt, selbst wenn das Eisenbedürfnis noch immer rapider wachsen würde. Unterdes kommen die Gebiete in Betracht, die bis jetzt

noch eine terra incognita[1] bilden, und von denen man zwar nicht behaupten kann, von denen man aber hofft, daß sie gleichfalls viel Eisenerz in ihrem Innern beherbergen. So z. B. geht das Gerücht, daß in China ganz kolossale Eisenerzmengen im Innern vorkommen sollen. Genau ist darüber nichts bekannt, man kann die Menge nicht berechnen, ja auch nicht annähernd abschätzen, man hat überhaupt nur von wenigen Stellen im Lande Kenntnis, daß sie Erz in mäßigem Umfange im Innern der Erde bergen; wo sich die großen Mengen Eisenerz befinden sollen und ob sie überhaupt existieren, darüber hat man heute noch keine bestimmte Nachricht, und so muß das riesige chinesische Reich den Gebieten zugerechnet werden, die für eine spätere Zukunft reserviert bleiben.

Die oben erwähnten im Abbau begriffenen[2] Erzvorräte verteilen sich auf die hervorragendsten Produktionsländer ungefähr folgendermaßen; Deutschland steht in Europa an erster Stelle mit 3607 Millionen Tonnen Erz entsprechend einer Eisenmenge von 1270 Millionen Tonnen Eisen; hierauf kommt Frankreich mit 3300 Millionen Tonnen Erz, entsprechend 1150 Millionen Tonnen Eisen, dann England mit 1158 Millionen Tonnen Erz und, da das Erz minderhältig ist, 455 Millionen Tonnen Eisen; an vierter Stelle kommt Schweden mit 1095 Millionen Tonnen Erz, und 740 Millionen Tonnen Eisen; dann kommt Rußland mit 865 Millionen Tonnen Erz, und 387 Millionen Tonnen Eisen; Spanien mit 711 Millionen Tonnen Erz, und 349 Millionen Tonnen Eisen; Norwegen mit 367 Millionen Tonnen Erz, und 121 Millionen Tonnen Eisen; Österreich mit 250 Millionen Tonnen Erz, und 90 Millionen Tonnen Eisen, und

schließlich Luxemburg mit 240 Millionen Tonnen Erz, und 90 Millionen Tonnen Eisen.

Die in Amerika gemessenen und geschätzten Erzmengen sind geringer als die in Europa und betragen ungefähr 9900 Millionen Tonnen, was einer Menge von 5500 Millionen Tonnen Eisen entspricht. Hiervon fallen auf die Vereinigten Staaten 4500 Millionen Tonnen Erz mit etwa 2500 Millionen Tonnen Eisen, und auf Neu-Fundland 3700 Millionen Tonnen Erz mit ungefähr 1950 Millionen Tonnen Eisen. Der Rest entfällt auf die andern Länder Amerikas.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 15 vom 1. Aug. 1911, Seite 296.

XXVII. Etwas von amerikanischer Reklame

Nicht mit Unrecht wird Amerika als die hohe Schule des Reklamewesens bezeichnet. Hierin ist allerdings in der neuesten Zeit[1] in gewissem Maße ein Wandel eingetreten; auch diesseits des großen Teiches[2] versteht man, wie ein Blick in unsere Tageszeitungen und auf unsere Anschlagsäulen ergibt, sehr gut die Reklame zu treiben. Trotzdem verlangt der Bericht des Kaiserlich Deutschen Konsuls in San Francisco „Charakteristik und Hauptformen der amerikanischen Reklame," der unlängst in den im Reichsamte des Innern zusammengestellten „Berichten über Handel und Industrie" erschienen ist, ein weitgehendes Interesse. Aus der reichen Fülle des Berichtes geben wir nachstehend die Charakteristik der amerikanischen Reklame wieder.

Man pflegt hier als charakteristische Merkmale der heutigen amerikanischen Reklame im allgemeinen folgende anzugeben:

1. eine entschiedene Tendenz zur Ehrlichkeit;
2. das sogenannte „Reason-why" Argument;
3. die sachkundige Abfassung;
4. das Zusammenwirken von Fabrikant und Verkäufer.

1. *Ehrlichkeit in der Reklame*

Ehrlichkeit herrscht heutzutage entschieden in der amerikanischen Reklame, und das ist dahin zu verstehen, daß nicht nur — natürlich von Ausnahmefällen abgesehen — der einzelne in seiner eigenen Reklame ehrlich zu sein sucht, sondern daß er auch darüber wacht, daß sein Konkurrent sich bei seiner Reklame an die Wahrheit hält. Der bloße Selbsterhaltungstrieb muß jeden, der sich ehrlicher Reklame bedient, dazu führen, mit aller Energie darauf hinzuwirken, daß alle Reklame überhaupt ehrlich ist. Während von jeher die meisten und hauptsächlichsten Repräsentanten des Reklamewesens sich im großen und ganzen [1] an die Wahrheit gehalten haben, hat es doch immer ein, wenn auch verhältnismäßig schwaches Element gegeben, das durch falsche Angaben und Übertreibung die Reklame überhaupt diskreditiert hat. Die unehrliche Reklame geht darauf aus,[2] einen Kunden nur einmal einzufangen und ihn dabei nach Kräften [3] auszusaugen. Wer aber einmal auf Reklame hereingefallen ist, wird gegen alle Reklame argwöhnisch. Man schätzt den Verlust, den die Ehrlichen indirekt durch die Unehrlichen erleiden, auf viele Millionen jährlich. Diese Mißstände konnten einreißen, weil es für ihre Bekämpfung an der nötigen Organisation der Fachmänner, in deren Händen das

Reklamewesen im wesentlichen liegt, der Reklameagenten, fehlte.[1] Verschiedene Gesetze gegen unehrliche Reklame sind in verschiedenen Einzelstaaten erlassen worden, doch wenn es zum strafrichterlichen Verfahren kam, versagten sie zumeist. Die Notwendigkeit eines einfachen und dabei wirksamen Gesetzes machte sich mehr und mehr fühlbar, und dank den Bemühungen der Reklameagenten fand man auch schließlich die geeignete Fassung. Dieselbe lautet:

1. Jede Person, Firma, Gesellschaft oder Korporation, die, sei es als Eigentümer, Inhaber, Verwalter, Agent, Angestellter oder Vertreter einer anderen Person, Firma, Gesellschaft oder Korporation, in einer Zeitung oder Zeitschrift durch öffentlichen Anschlag, Brief, Zirkular, Schilder, Geschäftskarten oder Zettel oder auf andere Weise Angaben über Güte, Menge, Wert, Preis oder Herstellungsweise ihrer Waren oder Leistungen oder die Bezugsquelle oder -weise dieser Waren oder den Grund des Verkaufs macht, die unrichtig, betrügerisch oder irreführend sind, wird mit Geldstrafe von 10–100 M oder Gefängnis bis zu 30 Tagen wahlweise oder in Verbindung miteinander bestraft.

2. Mit jedem Tage, an welchem eine der hiernach unter Strafe gestellten Handlungen fortgesetzt wird, beginnt eine selbständige Straftat.

Dieses Gesetz, hie und da mit einigen Abweichungen, ist bereits in verschiedenen Staaten — der Gegenstand gehört nicht zur Kompetenz des Bundes — angenommen, in anderen wird auf seine Annahme hingearbeitet. Wo es in Kraft ist, sind damit schon so viele Verurteilungen erzielt worden, daß es sich als ein wirksames Abschreckmittel gegen unehrliche Reklame bewährt hat.

Die Vereinigung der Reklameklubs von Amerika („Associated Advertising Clubs of America"), eine Organisation, die sich aus den lokalen Klubs zusammensetzt und zu ihren Mitgliedern alle führenden Reklameagenten in den Vereinigten Staaten und Kanada zählt, ist sehr tätig in der Verfolgung der unehrlichen Reklame; sie hat überall sogenannte „Vigilance Committees," deren Aufgabe es ist, Übertretungen des Gesetzes aufzuspüren und ihre Ahndung herbeizuführen. Einige Fälle von vielen: Ein Kleidergeschäft annoncierte den Verkauf von Überziehern, die es als „von $25 auf $15 herabgesetzt" bezeichnet hatte. Ein Mitglied des Vigilance Committees, dem die Sache nicht richtig vorkam, sah sich einen der Überzieher genauer an, entdeckte darin die Marke einer bekannten Fabrik, deren Überzieher allenthalben für $17 verkauft wurden, und die Verurteilung des Ladenbesitzers war die Folge.

Die Vereinigung der Pelzhändler faßte zum Zwecke der Förderung der reellen Reklame kürzlich den Beschluß, daß alle Pelze bei ihrem richtigen Namen genannt werden müßten. Früher waren für die billigsten Pelze allerhand hochtönende Namen üblich, wie „Hudson-Seal," „Alaska-Zobel," „Belgischer Luchs" usw., während es sich in Wirklichkeit um Kaninchen, Moschusratten, Hundefelle und dergleichen handelte; man beruhigte dabei sein Gewissen damit, daß das Publikum aus den Zusätzen Hudson, Alaska usw. entnehmen müßte, daß es sich nicht um den echten Artikel handele. In Zukunft darf kein der Vereinigung angehöriger Pelzhändler in seinen Ankündigungen eine Bezeichnung gebrauchen, die auch nur den unerfahrensten Käufer irreführen könnte. Der Eigentümer eines der größten

New Yorker Warenhäuser wurde vor einiger Zeit verurteilt, weil er gefärbte Kaninchenfelle als „Arctic-Seal" annonciert hatte. „Commercial all wool" — vielleicht zu übersetzen mit „Ganzwolle im Sinne des Handels" — ist ein bei Fabrikanten und Importeuren üblicher Ausdruck zur Bezeichnung eines Gewebes, das etwa 1/3 Baumwolle enthält. Die Kleinhändler wissen das und lassen sich nicht dadurch irreführen, aber die meisten von ihnen machten sich den technischen Ausdruck zunutze[1] und annoncierten ihrerseits den „Commercial all wool" unter Weglassung des „Commercial" schlechthin als „All wool," also Ganzwolle, was natürlich etwas ganz anderes ist und den Kunden täuscht. Trotzdem zumeist diese Täuschung als legitime angesehen wurde, drangen doch viele Käufer darauf, daß in einem als „Ganzwolle" annoncierten Stoffe jeder Faden von Wolle sein müsse. Sie gingen in der Bloßstellung dieser Methode der Irreführung des Publikums so weit, daß dieselbe zum größten Teil[2] verschwunden ist. Als Beispiel, wie genau es umgekehrt reelle Geschäftsleute mit der Ehrlichkeit ihrer Reklame nehmen, wurde mir folgendes mitgeteilt: Rogers, Peet & Co. sind eine der größten New Yorker Handlungen in fertigen Anzügen und machen eine ausgedehnte Reklame; Tag für Tag findet man in allen größten New Yorker Zeitungen eine sich sehr hübsch präsentierende Annonce, immer witzig gehalten und alle Tage wechselnd. Vor einiger Zeit annoncierten sie „Herrenanzüge aus blauem Serge" und bezeichneten dabei die Farbe als echt. Ein oder zwei Monate später brachte ein Mann einen Anzug zurück, der ein wenig verblichen war. Man stellte ihm die Wahl zwischen einem neuen Anzug und der Rückzahlung

des vollen Kaufpreises, außerdem aber brachten die Zeitungen folgendes Inserat,

NOTIZ. — Im Juli verkauften wir eine Anzahl blauer Sergeanzüge für $18 und garantierten die Echtheit der Farbe. Wir sind darauf aufmerksam gemacht worden, daß jedenfalls einer von diesen Anzügen der Garantie nicht entsprochen hat. Der Fehler liegt im Färben und konnte erst durch das Tragen entdeckt werden. Jedermann, der von diesem Posten einen Anzug gekauft hat, kann ihn zurückbringen und sein Geld wiederbekommen oder einen andern Anzug erhalten.

Natürlich war dieses weitgehende Entgegenkommen gleichzeitig eine neue, höchst wirksame Reklame.

Reellität in der Reklame ist nach Auffassung des umsichtigern amerikanischen Geschäftsmannes und Reklamemannes die erste und wichtigste Vorbedingung ihres Erfolges. Auf ihrem letzten Nationalkonvente nahm die vorerwähnte Vereinigung der Reklameklubs von Amerika als Losungswort „Wahrheit" (Truth) an.

2. *Das „Reason-why"-Argument*

In früherer Zeit war es üblich, beim Annoncieren eine kürzere oder längere Beschreibung des Artikels, eine Anpreisung und den Preis zu geben. Die Annoncierung des Nationalgerichts „Pork and Beans" in Büchsen enthielt da etwa die Abbildung der Büchse mit folgendem Text: „Blank's famous Pork and Beans . . . the Best the market affords . . . Large cans 25 cents, small cans 15 cents . . . get them from your grocer."

Der moderne Reklamemann geht nach der „Reason-why"-Methode ganz anders vor; er sucht dem Publikum zu beweisen, warum es den betreffenden Artikel kaufen soll. Nachstehender praktischer Fall illustriert,

wie gründlich eine Annoncenkampagne großen Stiles vorbereitet wird:

Die Van Camp Packing Company zu Indianapolis, Indiana, beschloß für ihre „Van Camp Pork and Beans" eine große, über das ganze Land sich erstreckende Reklamekampagne zu inszenieren; mehrere Hunderttausend Dollar wurden für den Zweck ausgeworfen. Der Vertrag wurde an Claude C. Hopkins von der Lord & Thomas Advertising Agency zu Chicago vergeben. Hopkins hatte keine Ahnung von Pork and Beans, abgesehen davon,[1] daß er gelegentlich davon gegessen hatte, aber mit Eifer ging er an das Studium heran. Er besuchte die Fabrik der Van Camp Company und verwandte mehrere Wochen auf die sorgfältigste Prüfung des Fabrikats. Er studierte jede Phase im Herstellungsprozeß und zog Erkundigungen ein bei allen, die mit der Herstellung zu tun hatten — bei den Köchen, Chemikern, Fleischzerlegern, Bohnensortierern — und machte sich Notizen, warum dies oder das so und nicht anders gemacht werden müßte. Nebenher — aß er eifrig Pork and Beans, sowohl Van Campsche wie andere, namentlich auch in Haushaltungen zubereitete. Er sprach auch mit vielen Köchinnen über den Gegenstand und erkundigte sich, wie ihrer Ansicht nach Pork and Beans sein müßten und warum sie nach dem einen Rezept besser wären als nach dem andern. Von der Fabrik reiste Hopkins mehrere hundert Meilen weit nach den Bohnenfeldern in Michigan, wo er sich darüber orientierte, wie Bohnen gezogen, wie sie sortiert und wie die besten für die Van Camp Company ausgelesen werden. Nachdem er alles wußte, was er wissen wollte, setzte er sich hin und schrieb eine Reihe von Reklame-

artikeln, die eine ganze Nation auf Van Camp's Pork and Beans lüstern machte. In diesen Artikeln behauptete er nicht bloß, daß diese Pork and Beans besser seien als andere Marken, sondern er gab auch Hunderte von guten Gründen, warum (Reason why) sie besser sein mußten. Er erzählte genau alles über die Bohnenkultur, die Schweinezucht, die Tomatenkultur. Jeden Schritt in der streng wirtschaftlichen und sanitären Herstellungsweise der verschiedenen Bestandteile des Artikels beschrieb er. Kurz, er gibt den Leuten das „Reason-why"-Argument. Der amerikanische Reklamemann betrachtet eine so gründliche Vorbereitung nicht als überflüssig, sie ist den meisten großen Reklamekampagnen voraufgegangen. Daß man so gründlich vorgeht, ist schließlich nicht zu verwundern, wenn man bedenkt, daß die Durchführung einer Kampagne leicht eine viertel oder eine halbe Million Dollar kosten kann.

Eine der Van Campschen Pork-and-Beans-Annoncen richtet sich an die Hausfrau und enthält in ihrer ersten Hälfte eine Begründung, die auf das bei jeder Hausfrau vorauszusetzende Interesse und Verständnis zugeschnitten ist. Die andere Hälfte erzählt, wie sorgfältig und nach streng wissenschaftlichen Regeln der Artikel hergestellt wird. Eine andere Anzeige bildet das direkte Gegenteil dazu. Auch dabei handelt es sich um die Reklame für ein Genußmittel, aber mit dem Unterschiede, daß hier ein Bild mit dem in der Türe stehenden schwarzen Koche, die Handelsmarke für „Cream of Wheat," alles enthält, oder richtiger: in allem der Einbildungskraft freien Spielraum läßt. Nicht einmal die Natur oder die Bestimmung des Artikels ist angegeben. · Hier hält der Annoncierende sein Erzeugnis

offenbar für bekannt genug und will sich nur in Erinnerung bringen.

Beide Annoncen erschienen in der „Saturday Evening Post," dem verbreitetesten Familienblatt, und eine jede kostete etwa $5000 für eine einmalige Veröffentlichung. Natürlich eignen sich nicht alle Reklamemittel für die „Reason-why"-Methode.

3. *Sachkundige Abfassung*

Schon der flüchtige Beobachter muß von dem amerikanischen Reklamewesen den Eindruck gewinnen, daß es nicht von Laien beherrscht wird, daß vielmehr die weitaus meisten Annoncen von Leuten verfaßt sind, die mit dem zu annoncierenden Artikel in allen seinen Einzelheiten vertraut sind. Dies gilt insbesondere von allen Erzeugnissen der Mechanik wie Automobile, Maschinen usw. Das Reklamewerk wird da zu einem großen Teile [1] von Leuten besorgt, die eine gründliche theoretische und praktische Ausbildung auf dem Gebiet erhalten haben. Trotzdem solche Anzeigen einen fachmännischen Charakter tragen, sind sie gleichwohl zumeist so einfach abgefaßt, daß sie auch von Nichtfachleuten unschwer verstanden werden können. Wo irgend möglich, begleitet eine Abbildung den Text, denn man nimmt allgemein an, daß ein Bild schneller und richtiger verstanden wird als eine Beschreibung. Charakteristische technische Anzeigen aus Fachzeitungen stellen Querschnitte dar und zeigen die wesentlichen Teile; dies in Verbindung mit der ergänzenden Beschreibung ermöglicht dem Leser nicht nur zu verstehen, wie der Apparat arbeitet, sondern gibt ihm auch eine leidlich klare Idee von dem Aussehen.

Der Reklameschreiber — oder „copy man," wie er hierzulande gewöhnlich genannt wird — muß eine Art Psychologe sein. Er muß sich gründlich auf die menschliche Natur verstehen und muß sich in die Seele des Kunden, auf den er es absieht,[1] versetzen können. Das gilt insbesondere von den Schreibern der „Reason-why"-Anzeigen. Ein tüchtiger „copy-man," der sich auf das Abfassen von Reklamen aller Art verlegt, muß so vielseitig sein, daß er alle Klassen des kaufenden Publikums zu interessieren vermag. Wenn er einen Gegenstand anbietet, den Frauen kaufen, so muß er sich auf den Standpunkt der Frau zu stellen vermögen. Schreibt er für landwirtschaftliche Kreise, so muß er Verständnis für die Lebensgewohnheiten und Bedürfnisse des Farmers haben. Gleichviel an wen er sich mit seiner Anzeige wendet, er muß sich in die geistige Lage derjenigen versetzen können, die er zu erreichen und zu überzeugen wünscht.

Selbstverständlich wird auch in Amerika nicht immer mit dem nötigen Vorbedacht und der erforderlichen Sachkenntnis vorgegangen, und große Summen werden alljährlich durch falsch angelegte Reklameversuche vergeudet. Die Hauptfehler werden an anderer Stelle berührt werden, zu einem großen Teile ist jedoch bei erfolgreicher Reklame der Erfolg dem Umstand zu verdanken,[2] daß der Plan dazu gleich im Beginn in richtiger Weise entworfen worden ist.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 3 vom 1. Feb. 1915, Seite 43.

XXVIII. Wie die „Titanic" jetzt aussehen mag

Die „New-Yorker Staatszeitung" schildert den Zustand, in dem sich jetzt die gesunkene „Titanic" befinden mag, und entnehmen wir[1] dieser Schilderung nachstehendes: In der Nähe des tiefsten der drei großen atlantischen Meeresbecken, dessen Tiefe über 7000 m beträgt, liegt in einer Tiefe von fast 2000 m die „Titanic" auf dem Meeresgrund. Undurchdringliche Finsternis herrscht in diesen Regionen, in die auch nicht ein schwacher Sonnenstrahl dringen kann. Die Wassertemperatur beträgt an dieser Stelle 1,9 Celsius und bleibt sich stets konstant, da der Wechsel von Winter und Sommer und die Meeresströmungen in solche Tiefe hinab keinerlei Wirkung ausüben können. Das Wasser befindet sich tief da drunten in fast absoluter Ruhe, auch der gewaltigste Meeressturm kann das Wasser in dieser Tiefe nicht in Bewegung bringen. Von besonderem Einfluß auf die Gestalt, welche die „Titanic" in ihrem nassen Grabe angenommen haben muß, ist das Riesengewicht einer Wassersäule in dem Umfange, den die „Titanic" hatte und von 2000 m Höhe. Ein Liter Wasser wiegt bereits 1 Kilogramm. Von der Größe des Gewichtes einer Wassersäule, wie sie jetzt auf dem Rumpfe der „Titanic" lastet, läßt sich nur schwer eine Vorstellung machen. Das Wasser lastet auf 10 cm im Quadrat mit einem Gewicht von mehr als 20 000 kg oder 400 Ztr. Ein Mensch, in diese Tiefe versenkt, würde ein Gewicht auf sich lasten haben, das vielleicht dem von 20 schwerbeladenen Güterzügen von bedeutender Länge einschließlich der Lokomotive gleich käme, und würde wahrscheinlich, wenn er einem solchen nur in einer

Richtung wirkenden Drucke ausgesetzt wäre, so platt zusammengedrückt werden, wie ein Blatt dünnes Papier.

Man hat vielfach schon erprobt, wie der gewaltige Wasserdruck wirkt. Man hat bei Tiefseelotungen Korkscheiben mit hinuntergelassen; als sie wieder nach oben kamen, waren sie auf weniger als die Hälfte ihrer ursprünglichen Dicke zusammengeschrumpft, so sehr wurden sie vom Druck des Wassers gepreßt. Dabei hatten sie eine Konsistenz angenommen, wie das härteste Holz. Hölzerne Gegenstände wurden oft auf weit weniger als die Hälfte ihres früheren Volumens zusammengedrückt. Danach kann man sich ein Bild machen, wie es jetzt auf der „Titanic," ja wie sie selbst aussehen mag. Alle Behälter, Kisten, Schränke, alle Abteilungen müssen flach gedrückt sein wie Seidenpapier. Alle aus Holz gefertigten Gegenstände, z. B. Türen, Wände, sind durch den Druck sicherlich auf die Hälfte verkleinert, und die in den Räumen befindlichen Leichen sind wohl mit den Gegenständen zu einer einzigen Masse zusammengepreßt. Da muß man wohl den Gedanken aufgeben, jemals irgend etwas aus dieser Tiefe ans Tageslicht emporzuholen. An Taucher ist nicht zu denken; ein Taucher kann vielleicht 60, höchstens 80 m hinuntersteigen, aber selbst in dieser Tiefe wird es ihm schon nicht mehr möglich sein, etwas zu arbeiten. Die Arbeitsfähigkeit des Unterseebootes hört schon bei 40 m Tiefe auf. Unserer so weit vorgeschrittenen Technik steht kein Mittel zu Gebote, auch nur in einer Tiefe von 100 m irgendeine Arbeit verrichten zu lassen.[1] Man kann zwar durch herabgelassene Lote die Stelle des „Titanic"-Grabes feststellen, vielleicht gelingt es zufällig, durch einen an der Senkleine befestigten Haken irgendeinen

Gegenstand nach oben zu bringen, das wäre aber ein Zufall, mit dem nicht zu rechnen ist. Das Schiff selbst liegt mit allem, was es umschließt, für ewige Zeiten in der grausigen Tiefe, und nie wird es menschlicher Kunst oder Kraft gelingen, das Schiff oder was von ihm übrig blieb, ans Tageslicht heraufzuholen.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 13 vom 1. Juli 1912, Seite 258.

XXIX. Im gesunkenen Unterseeboot

Trotz aller Vorsichtsmaßregeln und trotz weitestgehender Verwendung der großen Fortschritte der Technik werden die Marinen der Erde niemals von Katastrophen verschont bleiben, wie die des deutschen Unterseeboots 3. Fast alle Kriegsflotten haben bereits die schmerzlichsten Opfer an kostbaren Menschenleben gebracht, und nur mit einem gewissen Gefühl des Grauens kann man sich in die Lage jener Braven versetzen, die im Innern des gesunkenen Schiffskörpers eingeschlossen sind. Wie diese Lage beschaffen ist,[1] hat der Kommandant des am 15. April 1910 gesunkenen japanischen Unterseeboots Nr. 6, der Leutnant S a k u m a, gewissenhaft aufgezeichnet, bis ihm der Tod den Griffel aus der Hand nahm.

Das japanische Unterseeboot Nr. 6, das ein untergetauchtes Deplacement von 87 Tonnen und eine Besatzung von 2 Offizieren und 12 Mann besaß, konnte erst 50 Stunden nach seinem Untergange gehoben werden. Die gesamte Mannschaft war erstickt.

Die vom Leutnant S a k u m a mit heroischem Stoizismus gemachten Aufzeichnungen haben nach den

„Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens“ [1] folgenden Wortlaut:

„Ich bin außer Stande, die Bitte um Vergebung für den Verlust Seiner Majestät Unterseeboot, sowie für den Tod meiner Leute, woran meine Sorglosigkeit allein die Schuld trägt, in Worte zu kleiden. Alle Leute sind ihren Pflichten bis zu ihrem Tode bei Entfaltung höchster Energie nachgekommen. Wir verloren unser Leben in treuer Pflichterfüllung für das Wohl des Vaterlandes. Unsere einzige Besorgnis ist, daß dieser Unfall seitens der Öffentlichkeit so aufgefaßt werde, um imstande zu sein, die weitere Entwickelung des Unterseebootswesens zu hemmen. Wir geben uns der sicheren Hoffnung hin, daß man in einen solchen Fehler nicht verfallen, sondern im Gegenteil alles daran setzen wird,[2] um das Unterseeboot soweit als nur möglich zu vervollkommnen. Wenn man diesen Wunsch erfüllt, so haben wir kein anderes Begehren mehr zu stellen. Als wir gelegentlich der Vornahme der Unterwasserprobefahrt in die Tiefe tauchten,[3] versuchten wir die Kette des Verschlußschiebers zu betätigen, doch riß letztere, so daß wir genötigt waren, dies mit Handkraft zu bewirken. Es war aber schon zu spät; das Achterschiff hatte sich mit Wasser gefüllt und das Unterseeboot sank unter einem Winkel von etwa 25°. Der Elektromotor geriet unter Wasser, so daß das elektrische Licht verlöschte. Giftige Gase bildeten sich, welche das Atmen bedeutend erschwerten.

Das Boot sank am 15. April um 10 Uhr vormittags, und wir taten ungeachtet der Anwesenheit giftiger Gase im Boote unser Möglichstes, um das eingedrungene

Wasser mittels der Handpumpen zu entfernen. Als das Unterseeboot sank, wurde der Hauptballasttank ausgepreßt. Wir konnten den Wasserstandsanzeiger zwar nicht ablesen, doch glauben wir, daß dieser Tank vom Wasser vollständig befreit wurde.

Der elektrische Strom blieb aus; sehr geringe Mengen von Schwefelsäure traten aus der Akkumulatorenbatterie aus. Das in diese Batterie eintretende Seewasser verursachte nicht die Bildung von Chlorgasen. Unsere einzige Hoffnung stützt sich auf die Tätigkeit der Handpumpe. Bis zu dieser Stelle schrieb ich bei Benutzung des durch den Beobachtungsturm eindringenden Lichtes; es ist 11 Uhr 45 Minuten. Unsere Kleider sind durchnäßt und wir leiden an Kälte. Ich behauptete bei allen Anlässen, daß die Bemannung eines Unterseebootes ihren Dienst stets auf das sorgsamste[1] ausüben und immer mutig an die Arbeit schreiten muß. Auch habe ich sehr oft gesagt, man dürfe nicht übertrieben vorsichtig sein. So mancher wird sich hierüber lustig machen, doch verharre ich fest bei meiner Ansicht. Das Tiefenmanometer im Kommandoturme zeigt eine Tiefe von 15,8 m. Wir versuchten das Wasser auszupumpen, doch rührt sich das Unterseeboot bis jetzt, 12 Uhr, nicht. Wenn die Wassertiefe, in der wir liegen, laut Kartenangabe 10 Faden beträgt, so funktioniert der Indikator richtig.

Für den Dienst auf einem Unterseeboot müssen Offiziere und Mannschaften mit äußerster Sorgfalt ausgewählt werden, da sonst zu befürchten ist, daß in Momenten, wie den gegenwärtigen, Unzukömmlichkeiten entstehen könnten. Ich freue mich darüber, daß meine Leute ihrer Pflicht unentwegt und tadellos nachgekom-

men sind. Ich bin über ihre Leistungen sehr befriedigt. Auf den Tod war ich stets vorbereitet; mein letzter Wille liegt in einem Behälter der Kavasaki-Werke. (Es ist dies übrigens ganz meine private Angelegenheit, und wünsche ich, daß hierüber nicht weiter gesprochen werde. Meine lieben Freunde Asami und Taguci mögen denselben meinem Vater übergeben.) Ich stelle an Seine Majestät die untertänigste Bitte, die Gnade zu haben, daß die trauernden Familien meiner Leute nicht dem Elend preisgegeben werden. Es ist dies die einzige Sorge, die mich in diesem Augenblick drückt. Ich bitte, den nachfolgend aufgeführten hohen Personen meinen Abschiedsgruß zu vermitteln: Vizeadmiral Shimamura, Kommandant der II. Eskadron, Vizeadmiral Fudzi, Konteradmiralen Hawa, Yamaschika." — Hier wird die Namenliste durch die Bemerkung unterbrochen: „Der Luftdruck steigt beständig und ich habe das Gefühl, als würden die Trommelfelle an beiden Ohren platzen." — Nunmehr fügte Sakuma noch die Namen von 10 anderen Seeoffizieren hinzu und fuhr dann fort: „12 Uhr 30 Minuten: Das Atmen verursacht große Schmerzen. Ich glaubte den Gasolintank ausgeblasen zu haben, statt dessen bin ich durch Gasolingase vergiftet worden.

Die Uhr zeigt jetzt 12 Uhr 40 Minuten."

Dies ist die letzte Aufzeichnung des Unterseebootskommandanten.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 4 vom 15. Feb. 1911, Seite 72.

XXX. Drunter durch und drüber weg

In der Geschichte des Verkehrswesens wird der Beginn des 20. Jahrhunderts als eine Zeit gigantischer Umwälzungen bezeichnet werden, als eine Zeit, in der sich die Wünsche und die Träume derjenigen erfüllten, die schon vor Jahren in die Zukunft blickten. Immer größer wird das Terrain, das sich die Elektrizität erobert, das Automobil hat sich trotz heftiger Anfeindungen durchgerungen, immer kräftiger beginnt sich die Aviatik zu regen, wenn auch vorläufig nur noch im engen Rahmen des Sports. Das Verkehrsbedürfnis nimmt Dimensionen an, die man noch vor Jahrzehnten [1] für unmöglich gehalten hätte und die doch von Jahr zu Jahr zunehmen, und die Technik hat alle Hände voll zu tun, um diesem Bedürfnis zu genügen und die Verkehrsmöglichkeiten zu schaffen, an deren Ausdehnung immer größere Ansprüche gestellt werden.

Insbesondere ist es Amerika, das in diesem Augenblicke zur Bewältigung des jetzigen, wie eines noch anzuhoffenden größeren Verkehrs Vorkehrungen schafft [2] und Bauten errichtet, wie sie die Welt bisher noch nicht gesehen hat und die mit weit größerem Recht als Weltwunder bezeichnet werden dürfen, als irgend eines der sieben von den Alten so genannten Bauwerke. Insbesondere an der Ostküste des Landes, an dem großen Ein- und Ausfallstor, das New York genannt wird, wo sich Millionen von Ein- und Auswanderern treffen, wo in jedem Jahre hunderttausende Ankömmlinge zuerst den Boden der amerikanischen Republik betreten, vollziehen sich jetzt Umwälzungen im Verkehrswesen, um

den nie versiegenden Menschenstrom, der sich von allen Seiten nach Manhattan ergießt, zu regulieren, um die gewaltige Frachtmasse, die Tag für Tag von gewaltigen Schiffen abgeladen und auf sie aufgeladen wird, zu bewältigen. Überall, wohin das Auge heute in New York blickt, wird gegraben, wird gebohrt, wird gebaut. Gleißende Schienenstränge werden gelegt, gewaltige Tunnel werden in emsiger Maulwurfsarbeit durch die Erde getrieben, Riesenbrücken überspannen die großen Meeresarme, die New York umgeben, und auf langgestreckten Eisengerüsten eilt der von Elektrizität getriebene Wagen hoch über dem Straßenniveau durch die Stadt. „Drunter durch und drüber weg" lautet jetzt die Parole; tief unter dem Meeresarm unter dem Riesenstrom und unter der Erdoberfläche und in den Straßen und hoch über den Straßen, und endlich in schwindelnder Höhe über die großen Brücken laufen die voll besetzten Eisenbahnzüge, und Hunderte von Millionen werden verausgabt, Hunderttausende fleißiger Hände regen sich, um die Wunderwerke moderner Technik herzustellen, die wir jetzt in New York entstehen sehen. Wenn früher Wind und Wetter die Fahrt über Fluß und Strom gefährdeten, oft unmöglich machten, braust jetzt in hell erleuchteten Röhren tief unter dem Bett des Flusses der Zug mit seiner Menschenfracht dahin, um erst jenseits der Gefahrenzone wieder an die Oberfläche zu kommen. Wunder der Ingenieurkunst werden vollbracht, die man noch vor wenigen Jahren für unausführbar hielt. Diesen Hexenmeistern mit Zirkel und Lineal scheint nichts mehr unmöglich zu sein. Gerade in diesen Tagen gehen einige der bedeutendsten dieser Umwälzungen auf dem Gebiete des Verkehrswesens

ihrer Vollendung entgegen, die lediglich privater Initiative und privater Unternehmungslust ihr Dasein verdanken. Die Allgemeinheit wird großen Nutzen davon ziehen, doch das war nicht das Motiv, dem sie ihre Entstehung verdanken. Die Pennsylvania-Bahn hat aus Anlaß[1] der offiziellen Eröffnung des Unterwassertunnelbetriebes mit seltener und daher um so anerkennenswerter Offenheit ausgesprochen: Wir wissen, daß wir mit dem Riesenbau dem allgemeinen Wohle dienen, das war aber für uns, wenn überhaupt, so doch erst in zweiter Linie maßgebend. Wir haben 160 Millionen Doll. verausgabt, weil wir hoffen, damit ein gutes Geschäft zu machen, eine gute Verzinsung des Geldes zu finden. Man hat seinerzeit behauptet, der alte Commodore Cornelius Vanderbilt, der Stammherr der Milliardärfamilie dieses Namens, habe einmal den Auftrag gegeben, den neu eingerichteten Eilzug New York-Chicago wieder einzustellen, weil er zu wenig vom Publikum in Anspruch genommen wurde und sich deshalb nicht auszahlte, und als ihm vorgehalten wurde, daß das öffentliche Interesse darunter leide, habe er darauf erwidert: „The public be damned" (Die Öffentlichkeit sei verdammt)! Diese Devise kommt heute bei keinem Unternehmen mehr in Anwendung, dafür aber eine neue, und sie lautet: „The public be pleased" (Man muß der Öffentlichkeit gefallen). Das Publikum fährt dabei besser auf den Bahnen, aber auch die Bahnen besser mit dem Publikum.

Im Jahre 1900 tauchte erstmalig der Plan auf, den alten Bahnhof der Pennsylvaniabahn in Jersey City durch einen tief unter dem Hudsonstrom geführten Tunnel mit New York zu verbinden, die Altstadt, die

innerste Seele von New York, den auf einer Insel befindlichen Stadtteil Manhattan zu unterfahren und dann tief unter dem East River eine Tunnelverbindung mit der Insel Long-Island und dem darauf befindlichen Long-Island-Bahnsystem zu schaffen. Diesen Plan hatte ein Kaufmann, A. I. Cassatt, der hervorragendste Präsident, den die Pennsylvaniabahn je gehabt hat, ausgearbeitet, aber die Techniker erklärten die Ausführung für unmöglich. Im Jahre 1910 war sie bereits vollendet und durchgeführt. So schnell schwindet auf dem Gebiet der Technik das Wort „unmöglich," so schnell vollzieht sich die Entwickelung dieser Wissenschaft. Cassatt sollte die Erfüllung seiner Wünsche und Pläne nicht mehr erleben, es war ihm aber noch vergönnt, die ersten Schritte zu deren Realisierung, als sie für durchführbar erklärt worden war, vorbereiten zu können.

Bisher war die New York Zentralbahn, die mächtige Konkurrentin der Pennsylvania-Bahn, die einzige Bahn, deren Schienenstränge direkt ins Herz der Metropole führten. Alle anderen Bahnen mußten ihre Fahrgäste auf Fährbooten über die Flüsse und Meeresarme nach Manhattan bringen. Waren die Ströme mit Eis bedeckt, drückte undurchdringlicher Nebel auf die Wasserfläche, dann war es nicht möglich, einen Fahrplan einzuhalten, dann war es mitunter nicht möglich, den Betrieb über den Strom überhaupt aufrecht zu halten, dann war jede Fahrt stets mit Kollisionsgefahr verbunden. Noch heute ist dem New Yorker der Untergang des Fährbootes „Chicago" mit einem in die Hunderte zählenden Verlust von Menschenleben zufolge eines Zusammenstoßes im Hudson zur Zeit eines schweren Nebels in Erinnerung. Und dann die ewige Umsteigerei!

Um von dem alten Pennsylvaniabahnhof in Jersey City nach dem Long-Island-Bahnhof zu gelangen, um dort die Reise fortzusetzen, mußte man von der Bahn auf die Straßenbahn zum Fährboot, dann auf diesem über den Hudson, dann mit der Straßenbahn bis zum Fährboot am East-River, dann mit dem Fährboot über diesen Meeresarm und dann mit der Straßenbahn zum Bahnhof. War es da ein Wunder, daß die Bahnen, deren Bahnhöfe sich jenseits des Stromes auf dem amerikanischen Festland befanden, sehnsüchtigen Auges[1] nach New York hinüberblickten? Daß sie danach strebten, ihre übermütige Konkurrentin, die New York Zentralbahn, aus dem Felde zu schlagen? Schon vor dreißig Jahren machte man sich daran,[2] die Tunnelfrage zu lösen. Aber vergebens. Viel Geld, viele Menschenleben wurden geopfert, die Technik war damals offenbar noch nicht so weit vorgeschritten, um Unterwassertunnels in der Länge von vier englischen Meilen in einer Tiefe von 50 Fuß unter der Sohle des Wassers zu erbauen, und man mußte nach einigen mißglückten Versuchen davon abstehen. Im Jahre 1900 begann man abermals an die so ersehnte Ausführung des Projekts zu denken, und nachdem zwei Jahre später hervorragende Techniker endlich die Möglichkeit der Durchführung nicht mehr in Abrede stellten, begann man mit dem Bau der Tunnel. Anfangs mußte man mit den größten Schwierigkeiten kämpfen. Wie viele Menschenleben dabei zugrunde gingen, ist nicht bekannt geworden, wird auch nie bekannt werden, dergleichen zählt man nicht in Amerika. Die größte Schwierigkeit machte das Abdämmen des Wassers, und erst, als es gelang, verdichtete Luft gegen das Wasser zu Hilfe zu rufen, war die Möglichkeit ge-

boten, ohne besonders nennenswerte Verluste die Arbeit fortzusetzen und zu Ende zu bringen. Man war schon nahe daran gewesen,[1] den Bau einzustellen, weil er zu viele Opfer forderte. Die Arbeiter wurden nicht mehr wahllos wie früher eingestellt, sondern vorerst ärztlich genau untersucht, und nur die mit vollständig gesunder Lunge und gesundem Herzen wurden zu der besonders gut bezahlten Arbeit in der Tiefe zugelassen. Der neu Aufgenommene wurde zuerst einer leichtarbeitenden Schicht zugewiesen, bis er sich immer mehr und mehr an das Arbeiten in verdichteter Luft gewöhnte. Am 11. Juni 1903 begann man an der West 32. Straße in New York den ersten Schacht für den ersten Pennsylvania-Tunnel zu graben, und erst am 18. April 1904 wurden die Bohrarbeiten von der New Yorker Seite aus in Angriff genommen. Wenige Monate darauf begann auch die Bohrarbeit auf der New Jerseyer Seite. Und während tief unter dem Bette des Stromes gebohrt wurde, und die Techniker mit ihrem Stab, ihren Maschinen und Arbeitern jeden Tag weiter vorwärts drangen, rissen oben auf der Fläche von 6 Stadtblocks die Arbeiter die Häuser nieder, um Platz zu schaffen für den neuen Bahnhof, den größten, den die Welt bis dann gesehen hatte. Und auf dem gewaltigen Platze erfolgten Ausschachtungen in riesigem Maßstabe, und dann wurde Stahl an Stahl, Stein an Stein gefügt, bis eines Tages der Bau in seiner grandiosen Herrlichkeit fertig stand. Wir haben demselben bereits in Nr. 11 unserer Zeitschrift vom 1. Juni d. J. eine eingehende Beschreibung gewidmet und fügen hier nur noch folgendes ergänzend oder kurz wiederholend hinzu: Die Fläche der Bahnhofsanlage beträgt 140 Acres. Im Zentralbahnhof be-

QUERSCHNITT DES ROHRSYSTEMS UNTER DEM HUDSONFLUSS

finden sich 11 Bahnsteige für Personenzüge mit einer Gesamtlänge von 21 500 Fuß. Die Zahl der Gleise beträgt 21, die Zahl der Personen-, Fracht- und Güteraufzüge 25, darunter einige, die auf einmal 150 Personen in die Höhe zu befördern vermögen. Das Gewicht des beim Bahnhofsbau verwendeten Stahls beträgt 27 000 Tons, des beim äußeren Bau verwendeten 23 500 Tons. Der Gesamtgehalt der Ausschachtung beträgt rund 3 Millionen Kubikyards, die Menge des beim Bau verwendeten Betons 160 000 Kubikyards. Die Höchstfassungskraft aller Tunnel beträgt 144 Züge in der Stunde, und die voraussichtliche Zahl der Züge, die in den Bahnhof einfahren und ihn wieder verlassen, ist mit 1000 im Tage angenommen. Zur Freilegung des Geländes für den Bahnhof wurden 482 teils größere, teils auch kleinere Häuser angekauft und niedergelegt. 532 Bogenlampen und 21 951 Glühlampen sorgen für die Beleuchtung des Bahnhofs. Die Länge der Unterwassertunnel beträgt 6,8 Meilen, die der Landtunnel gleichfalls 6,8 Meilen.

Nur kurze Zeit wird das Publikum über diesen neuesten Rekord der Ingenieure staunen, und schon nach kurzer Frist wird der New Yorker an allen diesen Wundern moderner Technik achtlos vorübergehen, als[1] sei es die unbedeutendste Sache der Welt, und als müßte es so sein. Und nur diejenigen, die zum ersten Male hinkommen, werden sich über das Gewaltige und Gigantische und dabei doch so Praktische und Bequeme wundern.

Gibt es in der Technik einen Stillstand? Heute, wo jeder Tag das zu überbieten strebt, was der Tag vorher noch als unübertreffbar Scheinendes geleistet?

Nein. Wie lange ist es her, daß es schon als ein Sieg über die Natur galt, daß man sich mit der Flugmaschine erheben und einige kurze Schleifen in der Luft ausführen konnte? Und heute? Heute werden schon Überwasser- und Überlandflüge ausgeführt, die über Strecken von Hunderten von Kilometern führen. Und so ist es in jeder anderen Richtung.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 14 vom 15. Juli 1910, Seite 262.

XXXI. Verkannt und vergessen

Am 13. April 1771 wurde dem Zahlmeister bei den Vereinigten Zinn- und Kupferminen bei Camborne in Cornwall, Fred. Trevethik, ein Knabe geboren, der in der Taufe den Namen Richard erhielt.

Der Knabe besuchte die Schule; seine ganze freie Zeit über war er sich allein überlassen.

Während nun die Kameraden Richards sich zusammenfanden und in gemeinschaftlichem Spiel mit Fischerbooten in das Meer hinausfuhren, um sich mit dem fremden Element vertraut zu machen, oder nach Knabenart die Felsen hinauf und hinab stürmten, hatte Richard Trevethik einen andern Zeitvertreib gefunden. Gerade auf der Spitze des Hügels, an dessen Fuß seine Heimat lag, standen zwei riesige Dampfmaschinen, welche die hochberühmte Fabrik von Watt & Boulton dort aufgestellt hatte. Diese Maschinen schöpften das Wasser aus tiefen Kupferminen empor, und Richard wußte sich nichts Schöneres, als unter den gewaltigen auf- und abschwingenden Balanciers zu stehen und ihren Bewegungen nachzuschauen. Der Knabe faßte

zu dem Maschinenungeheuer bald eine wahre Leidenschaft, er beobachtete seine Wartung mit derartiger Hingabe, daß der Ingenieur der Wattschen Fabrik, der die Maschine aufgestellt hatte und eine Zeitlang ihr Arbeiten überwachte, ihm bald Erlaubnis gab, bei der Reinigung der Maschine mitzuwirken. Als der Ingenieur nach zwei Jahren wieder in die Gegend kam, um die Maschine zu besichtigen, wandte sich Richard Trevethik, der unterdes immer an der Wartung der Maschine mitgeholfen hatte, an ihn mit der Bitte, ihn in die Lehre zu nehmen. Dieser Bitte konnte der Ingenieur nicht willfahren, dafür aber empfahl er ihn dem alten Werkmeister Murdock, dem die ständige Wartung der Maschine oblag und der schon seit Jahren Gelegenheit gehabt hatte, den jungen Trevethik zu beobachten. Murdock war einverstanden und befragte den Vater Richards, ob er seinen Sohn zu ihm in die Lehre geben wolle. Dieser war froh, seinen Sohn so mühelos nach Neigung in eine aussichtgewährende Laufbahn gebracht zu haben, und Richard Trevethik begann seine Lehrjahre unter Murdocks Leitung bei den großen Dampfmaschinen an der Küste von Cornwall.

Murdock war ein Jugendfreund von James Watt, und hatte gleich ihm in seinen früheren Tagen dem Höchsten zugestrebt, war aber im Wettlauf um das Glück hinter Watt zurückgeblieben. Er blieb Werkführer in der Wattschen Fabrik, wo er sein Auskommen fand. Nie aber bis zu seinem letzten Atemzug hatte er die Hoffnung sinken lassen,[1] daß es auch ihm einmal gelingen werde, den Erfolg an seine Arbeit zu knüpfen. Da er eine Art mechanisches Genie war, der zahlreiche gute Ideen hatte und keine einzige verwirklichen konnte,

hatte er selbst ein Modell zu einem kleinen Dampfwagen gebaut, und wenn er manchmal guter Laune war — es war dies selten der Fall —, ließ er das Modell vor den Augen seines Lehrlings oder anderer Zuschauer spielen.

Zur damaligen Zeit stand Cornwall vor einer Krisis. Die Kupfer- und die Zinnbergwerke hatten in ihrer Ergiebigkeit nachgelassen, und man war so tief in die Erde gegangen, als damals mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nur möglich war, um neue Minen zu erschließen. Da brach aber Wasser in die neuen Gruben ein, und wenn nicht Watt & Boulton überall die riesigen Dampfpumpen aufgestellt hätten, die gewaltige Ströme Wasser aus den Gruben herausholten, hätte die Prosperität Cornwalls damals stark gelitten. Immer mehr dieser „black angels" (schwarze Engel) — wie der dankbare Witz der neu beschäftigten Grubenleute diese Dampfpumpen taufte, wurden errichtet, und es begann an Leuten zu mangeln,[1] die imstande waren, eine derartige Dampfpumpe aufzustellen. Da übertrug der alte Murdock dem 21jährigen Trevethik die Aufstellung einer der bedeutendsten Anlagen. Die Eigentümer murrten zwar über den jungen und ihnen unreif erscheinenden Ingenieur, aber Murdock war nicht davon abzubringen, und nach wenigen Monaten zeigte sich, daß die von Trevethik aufmontierten Maschinen zu den best arbeitenden gehörten. Im Jahre 1801 finden wir Trevethik als Kompagnon seines Vetters Vivian, der in Camborne, mitten im Grubendistrikt, eine Maschinenfabrik besaß, und sehen ihn bereits mit der Durchbildung der ersten jener Ideen beschäftigt, die ihn zum eigentlichen Ahnen der Lokomotiv-Erfindung machten.

Weder Watt noch seine Nachfolger hatten gewagt,

Dampf von einer den Druck der Atmosphäre übersteigenden Spannung zu verwenden, obgleich schon vorher Papin und auch noch andere, allerdings mehr theoretisch als durch praktische (meist mißlungene) Versuche, auf die Vorteile des Hochdruckdampfes hingewiesen hatten. Die Form der Kessel Watts machte auch die Erzeugung hochgespannten Dampfes nicht möglich. Trevethik änderte daher in erster Linie die Form der Kessel, indem er ihnen die zylindrische Form gab, was große Widerstandsfähigkeit gegen inneren Druck ermöglichte, und er brachte das Feuer innerhalb des Kessels in einer weiten, ihn durchziehenden Röhre an, so daß er wenig Wärme verlor und den Druck des Dampfes ohne Gefahr auf den doppelten und dreifachen der Atmosphäre steigern durfte. Diesen hochgespannten Dampf ließ er aus dem Kessel in die Zylinder seiner Maschine nur während eines verhältnismäßig kleinen Teils des Kolbenlaufes eintreten und dann die Expansivkraft des im Zylinder abgeschlossenen Dampfes wirken, dem er gestattete, sich bis auf den Druck der Atmosphäre auszudehnen.

Also alle Lebenselemente der heutigen Lokomotivkonstruktion, den zylindrischen Kessel, die innere Feuerung, den Hochdruckdampf und dessen Expansion zur weiteren Arbeitsleistung, alles das führte Trevethik zum erstenmal ins praktische Leben ein, und diese neuen Prinzipien verbilligten den Betrieb der Bergwerkmaschinen derartig, daß deren Eigentümer freiwillig ihm in dankbarer Anerkennung seiner Verdienste ein bedeutendes Ehren-Geldgeschenk überreichen ließen.

Nun hatte Trevethik auch Mittel und er ging daran, die Idee zu verwirklichen, die in ihm geschlummert hatte, seitdem er Murdocks kleines Modell in Tätigkeit

gesehen hatte. Er wollte einen Dampfwagen konstruieren, allerdings keinen auf Schienen laufenden, denn daran dachte damals noch niemand, aber einen mit dem man auf gewöhnlicher Straße fahren konnte. Unter einer Kutsche wurde der Kessel mit der Feuerung eingebaut und die Dampfkraft auf das Treibrad des Wagens übertragen. Das Bedeutendste an der Maschine war, daß sie den Dampf, der im Zylinder gewirkt hatte, durch einen engen Schornstein ausblies. Damit wollte Trevethik erreichen, daß der Dampf und sein Geräusch aus dem Bereich des Straßenverkehrs entfernt werde, er hatte aber damit, ohne es zu wissen, einen weiteren Bestandteil der späteren Lokomotive geschaffen.

Die für die Leistungsfähigkeit der Lokomotive erforderliche Lebhaftigkeit der Verbrennung des Heizmaterials wird dadurch erzielt, daß der Dampf sich durch den Schornstein entlädt und die darin befindliche Luft vor sich hertreibt. Wenn sich diese Luft erneuert, muß sie durch den Rost und das auf ihm ruhende Brennmaterial, und hierdurch wird das Feuer immer stärker angefacht.

Daran hatte Trevethik allerdings nicht gedacht, denn er hatte zum Anfachen des Feuers zwei Blasebälge an seiner Maschine anbringen lassen,[1] bald aber erkannte er aus dem hellen Aufleuchten des Feuers bei jedem Dampfausstoß, daß die Blasebälge überflüssig seien, und daß der von ihm nur aus Zweckmäßigkeitsgründen angebrachte Schornstein ein geradezu unerläßliches Requisit jedes Dampfwagens sei. Als der Wagen fertig war, fuhr Trevethik stolz auf ihm durch die Straßen von Camborne, indem er jedermann aus dem staunenden Publikum einlud, aufzuspringen und mitzufahren.

Darauf fuhr er mit dem Wagen nach Plymouth, neunzig englische Meilen auf offener Landstraße, gewiß eine schöne Leistung, wenn man den wahrscheinlichen Zustand der Straßen in Cornwall zu jener Zeit in Betracht zieht, und nachdem er dort gefeiert worden war, brachte er den Wagen zu Schiff nach London. Hier bildete der Wagen und die mit ihm durch die Straßen vorgenommenen Fahrten das Tagesgespräch und das bedeutendste Ereignis der Zeit, und man drängte sich derart den mit Dampf fahrenden Wagen zu sehen, daß Trevethik einen leeren großen Platz mietete, einzäunen ließ und dort gegen Eintrittsgeld seinen Wagen in Tätigkeit vorführte. Es ist ein Zufall, daß dieser Platz derselbe war, auf dem dann später der Bahnhof der größten englischen Bahn, der London und North-Western-Bahn, erbaut wurde.

Der Besuch und damit das Geschäft waren gut. Kapitalisten begannen sich bereits dafür zu interessieren, und alles war im besten Zuge,[1] daß Trevethik fünfundzwanzig Jahre vor Stephenson die erste Lokomotive konstruierte, als plötzlich nach einem unbedeutenden Verdruß mit dem Grundeigentümer, eine der Unbegreiflichkeiten des Charakters Trevethiks, die auch später sein Leben mitten in der stolzesten Fahrt scheitern machten, ihn ergriff; er sperrte die Fahrbahn, verkaufte die Maschine an einen Messerschmied, die Kutsche an einen Wagenfabrikanten und fuhr plötzlich nach Camborne in seine Werkstatt zurück.

Im Eisen- und Kohlendistrikt Südwales waren zu jener Zeit schon Schienenbahnen, auf denen natürlich mit Pferden die Lasten befördert wurden. Trevethik kam eines Tages nach einem der größten Werke, um dort

eine Betriebsdampfmaschine aufzustellen und wurde vom Eigentümer zu Tische geladen. Als der Eigentümer über die teueren Pferdeeinkäufe klagte, erbot sich Trevethik ihm einen Dampfwagen zu liefern, mit dem er das Eisen über die ganze neun Meilen lange Schienenstrecke führen könne. Da Mr. Samuel Homfray die Möglichkeit bezweifelte, wurde zwischen beiden Männern eine Wette abgeschlossen und die Folge dieser Wette war die erste Lokomotive, die auf Schienengleisen ging. Sie enthielt die Hauptelemente des jetzigen Lokomotivesystems, wie schon früher der Dampfwagen von Camborne, zugleich aber als bedeutsame Neuerung die Kupplung aller vier Räder zur gemeinschaftlichen von der Maschine abhängenden Tätigkeit. Diese Kupplung wurde durch Zahnräder bewirkt. Das bemerkenswerteste Element bildete aber die Tatsache, daß Trevethik den Rädern eine glatte Oberfläche gab, daß er also zuerst die Ansicht vertrat und, wie der Erfolg lehrte, siegreich vertrat, daß die bloße Adhäsion glatter Räder auf glatter Bahn für die Ausnutzung der Lokomotive als Zugsmechanismus ausreichte. Es ist ganz merkwürdig und steht vielleicht vereinzelt da,[1] daß diese wichtige Tatsache, daß die Adhäsion der Räder auf den glatten Schienen ausreichend sei, die Trevethik festgestellt und praktisch erprobt hatte, später vollständig in Vergessenheit geriet, und Jahrzehnte hindurch sich Techniker bemühten, Mittel herzustellen, um Treibräder an der Treibschiene haftend zu machen, bis man endlich auf das von Trevethik längst vorher bereits festgelegte Ergebnis kam.

Die Lokomotive war unzweifelhaft ein Erfolg; mit einer Geschwindigkeit von fünf englischen Meilen bewegte

sie die Last über die Schienen. Diese aber waren der Maschine nicht gewachsen.[1] Sie bestanden aus flachen Platten aus rohem Gußeisen mit einem Außenrande und hatten nur sehr geringe Tragkraft. Unter der Last der Lokomotive brachen sie zusammen, und der Eigentümer des Eisenwerkes dachte nicht daran, die untauglichen Schienen durch stärkere und besser konstruierte zu ersetzen, sondern gab den Dampfbetrieb auf und verwendete die Maschine zum Betrieb in seiner Werkstatt.

Trevethik ging nach London und begann dort wieder zu erfinden und zahlreiche Patente zu nehmen, selbst auf eine Schiffsschraube, ähnlich der später von Ressel erfundenen; nichts glückte ihm. Winkte ihm irgendwo ein Erfolg, so zerstörte irgend ein unvorhergesehenes Ereignis denselben. Im Jahre 1807 unternahm er die Untertunnelung der Themse, da es schwer war, sie wegen des starken Schiffsverkehrs zu überbrücken. Als der Tunnel bereits 1000 Yards unter dem Fluß geführt war, brach plötzlich Wasser ein, und das Unternehmen mußte als mißlungen fallen gelassen werden.[2] Trevethik hatte aber dabei den größten Teil seines Geldes eingebüßt.

Da schien es plötzlich, als[3] sollte auch ihm die Sonne des Erfolges leuchten. Die Minen von Peru, die ihre Eigentümer mit Schätzen überhäuft hatten, wurden in dem Maße, in dem sie in die Tiefe stiegen, von Wasserzuflüssen gefüllt, und die landesübliche Pumpmethode reichte nicht aus, um das Wasser aus den Gruben zu entfernen, die zum Teil ersoffen, zum Teil dem Ersaufen preisgegeben schienen. Ein Hauptinteressent einer großen Grube, der Schweizer Urville, war nach England gekommen, um dort Hilfe zu suchen und wollte

schon unverrichteter Dinge wieder wegfahren, als er in dem Schaufenster eines Maschinenhändlers in London eine kleine Trevethiksche Hochdruckmaschine erblickte, die in viele kleine Teile zerlegt werden konnte. Urville kaufte die Maschine, und als sie in Peru aufgestellt und in Betrieb gesetzt war, bewährte sie sich derart, daß man beschloß, eilends recht viele solcher Maschinen zu kaufen. Urville wußte aber nicht den Namen des Erzeugers, und so fuhr er nochmals mit Bewilligung des Vizekönigs nach Europa, um den Fabrikanten auszuforschen. Es würde zu weitläufig sein, die ganze Geschichte, die sich nun abwickelte, ausführlich zu erzählen, es genügt zusammenzufassen, daß es Urville gelang, Trevethik zu finden und neue Maschinen von ihm zu erwerben. Da aber diese Maschinen in unwegsame Gegenden der Anden, wo sich die Minen befanden, transportiert werden mußten, so ergaben sich viele Schwierigkeiten, denen weder die Peruaner noch auch die mit den Maschinen mitfahrenden drei englischen Ingenieure gewachsen waren.[1] Da wurde Trevethik selbst nach Peru berufen, von ihm versprach man sich Wunder. Als er im Februar 1817 in Peru anlangte, wurde er mit königlichen Ehren empfangen, das Schiff wurde mit Kanonenschüssen salutiert, die Stadt hatte Blumen- und Flaggenschmuck angelegt und das Volk jubelte Trevethik zu als dem Glück- und Heilspender. Es waren ihm Gewinnanteile zugesichert, in der Höhe von fast 100 000 Pfund Sterling jährlich; nun stand er auf der Sonnenhöhe des Lebens, und Ehre und Reichtum schienen ihm beschieden, als ein Krieg zwischen Chile und Peru ausbrach. Die Chilenen wollten die Spanier aus Peru vertreiben und Lord Cochrane über-

nahm den Befehl über die chilenische Flotte. In Peru war allgemeiner Aufstand die Folge. Die Patriotenpartei schlug sich zu den Chilenen, und auch Trevethik brachte Lord Cochrane landsmannschaftliche Gefühle entgegen. Das war genügend für die königlich spanischen Truppen, als sie vorübergehend die Bergwerksdistrikte besetzt hatten, alle Trevethikschen Maschinen zu zerstören und auf Trevethik selbst zu fahnden. Dieser war sich keinen Augenblick darüber im Zweifel, welches Schicksal ihm bei der Grausamkeit, mit der dieser Krieg geführt wurde, bevorstünde, wenn er in die Hände der Spanier fiele und so flüchtete er auf dem einzigen Weg, der ihm offen stand, nordostwärts über die Kordilleren nach dem Isthmus von Panama. Ohne Lebensmittel, ohne jede Ausrüstung, ja ohne Geld mußte er über 100 Meilen weit durch das wildeste Gebirge und über reißende Ströme den Weg suchen und finden nach dem Lauf der Gestirne und nach einer Bussole. In Begleitung eines treuen Cornishman machte er sich an das Unternehmen, das einzige, das ihm das Leben retten konnte, er überstieg die Berge, durchschwamm das Wasser und erreichte in zerrissener und zerfetzter Kleidung, körperlich nahezu gebrochen, endlich den Hafen von Karthagena. Dort befand sich damals eine einzige kleine Wirtschaft, und eben wollte sich Trevethik mit dem Wirt in Unterhandlung setzen, als ein junger hochgewachsener Mann eintrat, in dem Trevethik sofort den Engländer erkannte. Auch dieser war nicht im Zweifel darüber in der trotz aller zerlumpten Herabgekommenheit noch immer imposanten Gestalt einen Landsmann vor sich zu sehen, und beide begrüßten sich, Richard Trevethik und Robert Stephenson.

Stephenson, der ebenso ein Kind des Glücks war, Trevethik vom Unglück verfolgt wurde, hatte bei Bergwerksunternehmungen ein Engagement beendet und wartete auf ein Schiff zur Fahrt nach Europa. Beide Männer, deren Namen unvergänglich mit der Erfindung der Lokomotive verknüpft sind. Stephenson nahm nun Trevethik mit, aber das Schiff scheiterte an der Südspitze von Florida und Reisende und Bemannung retteten nur das nackte Leben. Trevethik äußerte sich später hierüber wehmütig, „Wäre ich nicht auf dem Schiff gewesen, wäre es nicht gescheitert, wäre Stephenson nicht auf dem Schiff gewesen, wäre ich ertrunken."

Endlich landete Trevethik wieder auf heimatlichen Boden, ohne Geld, ohne Mittel zum Erwerb, gedrückt durch die Schuld an seinen reichen Fachgenossen. Er überreichte der Regierung ein Gesuch, in dem er auf seine Verdienste um die Verbesserung der Dampfmaschine hinwies und um Gewährung von Mitteln bat, um seine neueste Idee, die Verwendung von sogenanntem überhitztem Dampf praktisch zu verwerten; das Gesuch war resultatlos, die Regierung lehnte ab.

Unterdes war Trevethik, dieser einst körperlich wie geistig gewaltige Mann, gedrückt von dem Übermaß des Mißgeschicks, das ihn getroffen hatte, zusammengebrochen und der Mann, der in einem Menschenzeitalter soviel beigetragen hatte, die Eisenbahndampfmaschine zu dem auszugestalten, was sie später wurde, zum mächtigen Werkzeug der Kultur, verfiel in Krankheit und Elend. In einem kleinen Gasthaus „Zum Ochsen" (Bull's Inn) starb er und nichts hinterließ er, als eine Schuld von 60 Pfund Sterling für den Aufenthalt innerhalb der letzten Monate, den der Wirt ihm großherzig

gewährt hatte, sonst hätte Trevethik auf der Straße sterben müssen. Und hätten nicht die Arbeiter aus der nächsten Umgebung gesammelt for the burial of the great inventor (für das Begräbnis des großen Erfinders), so hätte er auf Gemeindekosten begraben werden müssen, während Georg Stephenson, der auf Trevethiks Vorarbeiten fußte und das zu Ende führte, was Trevethik ersonnen und angebahnt hatte, reich und berühmt und einer der Heroen seines Landes wurde.

Als Trevethiks Körper in die Grube gesenkt war, verschwand auch sein Name für lange Zeit aus dem Gedächtnis der undankbaren Mitwelt. Verkannt und vergessen! Erst einer späteren Zeit war es vorbehalten, prüfend und wägend die Verdienste der Männer festzustellen, denen die Menschheit die gewaltigen, bahnbrechenden, epochemachenden Erfindungen des vorigen Jahrhunderts verdankt, und sie ist auch Trevethik gerecht geworden. Wenn der Name auch dem großen Publikum noch immer unbekannt geblieben ist, und man ihn nicht nennt, wenn man James Watt und Stephenson nennt, in den Kreisen der Wissenden und der Fachmänner ist er wieder zu neuem Leben erwacht. Hier wenigstens gehört er nicht mehr zur Zahl der Verkannten und Vergessenen.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 6 vom 15. März 1911, Seite 102.

XXXII. Die Entwicklung des Kriegsschiffs

Von Dr. Walter Vogel

Der Weltkrieg von 1914 — so müssen wir den uns jählings aufgezwungenen, furchtbaren Kampf wohl nennen — ist von deutscher Seite durch den tapferen Handstreich eines Kriegsschiffs eröffnet worden. Der kleine Kreuzer „Augsburg" hat am 2. August den russischen Kriegshafen Libau bombardiert, in Brand geschossen und durch Minen gesperrt. Die Tragweite dieses kecken Streiches läßt sich vorläufig noch nicht abschätzen, soviel aber ist sicher, daß die Schnelligkeit und rasche Beweglichkeit des deutschen Turbinenkreuzers wesentlich mit zu dem Erfolge beigetragen hat. Schnelligkeit und Beweglichkeit haben in der Tat schon in den ältesten Zeiten als Haupterfordernis des Kriegsschiffs im Gegensatze zum Handelsschiffe gegolten. Die Kriegsschiffe der antiken Mittelmeervölker waren durchweg Ruderschiffe, bei denen die Kraft des Windes nur aushilfsweise beim Marsch benutzt wurde. In der Seeschlacht suchte man die Schnelligkeit noch dadurch zu erhöhen, daß man mehrere, meist drei, übereinander angeordnete Reihen von Rudern gleichzeitig arbeiten ließ. Die Ruderer saßen dabei teils neben-, teils übereinander; Versuche haben ergeben, daß sich mit Riemen von nicht allzu großer Verschiedenheit in der Länge sehr wohl Takt halten läßt. An Menschenmaterial für die Rudermannschaft fehlte es den mit Sklavenarbeit wirtschaftenden Staaten des Altertums nicht. Da die antike Kriegstechnik nur Elastizitätsgeschütze oder Schleudermaschinen von nicht sehr großer Tragweite

und Durchschlagskraft kannte, so spielte sich die Seeschlacht im Altertum als Nahkampf ab. Die furchtbarste Waffe war der Sporn, mit dem das feindliche Schiff gerammt oder durch Abmähen der Ruder kampfunfähig gemacht wurde. Einige der größten Entscheidungsschlachten der Weltgeschichte, z. B. die Schlachten von Salamis[1] (480 vor Chr.) und Actium[2] (31 vor Chr.) sind mit solchen Trieren und Penteren ausgefochten worden. Auch die germanischen Völker an Nordsee und Ostsee kannten anfänglich nur Ruder-, keine Segelschiffe. Das Leben des germanischen Bauern und Kriegers spielte sich meist in der Genossenschaft ab. Die Schar der Dorfgenossen ruderte im gemeinsamen Dorfboot zu den Gauversammlungen, den großen Opferfesten, wie zum Angriff gegen feindliche Küsten. Das jetzt in Kiel aufbewahrte Nydamer Boot (etwa von 350 n. Chr.) gibt uns einen guten Begriff von diesen altgermanischen Fahrzeugen. Die Wikingerschiffe der Normannen (etwa 800–1050 nach Chr.) waren kombinierte Ruder-Segelschiffe. Vor der Seeschlacht wurden die Masten niedergelegt, man ruderte in breiter Front vorwärts, suchte den Gegner zu entern und in dem Handgemenge, Mann gegen Mann, zu überwältigen. Kombinierte Ruder- und Segelschiffe waren auch meist noch die Fahrzeuge der Kreuzfahrer, die im 12. und 13. Jahrhundert mehrmals in großen Flotten nach dem Heiligen Lande segelten. Der kriegerische Zweck spielte jedoch bei diesen Fahrzeugen nur eine Nebenrolle.

Im Mittelmeergebiet ist man bis in die neuere Zeit hinein dabei geblieben, für den Krieg das Ruderschiff, für den Handel das Segelschiff zu bevorzugen. Frankreich besaß noch im 18. Jahrhundert im Mittelmeer

eine Galeerenflotte; zur Ruderarbeit auf den Galeeren verwendete man Sträflinge. Anders im Norden. Hier hat sich zuerst ein Seehandel mit Massengütern, Wein, Korn, Wolle, Salz, Bier, Heringen und dergleichen, entwickelt, der namentlich von den Städten der Deutschen Hanse [1] betrieben wurde, und zwar ausschließlich auf Segelschiffen; denn zum Massenhandel sind die geräumigen, mit wenigen Leuten zu bedienenden, wenn auch langsameren Segelschiffe allein geeignet, weil eine ebenso tragfähige Ruderschiffsflotte viel zu viel Besatzung erfordern würde. Und da nun einmal diese zahlreiche Segler-Handelsflotte vorhanden war, hielten Städte und Fürsten in Nordwest-Europa die Aufstellung besonderer Kriegsflotten von Ruderschiffen für überflüssig. Im Kriegsfall rüsteten sie die Handelskoggen mit Geschütz und starker Besatzung aus und verwendeten sie zum Kampfe. So ist es gekommen, daß man in Nord- und Westeuropa ganz vom bisherigen Brauche abwich und mehr als fünfhundert Jahre hindurch alle Seekämpfe mit Segelschiffen durchfocht. In der Tat hatte das Segelschiff für die Kriegsführung manchen Vorzug. War es auch nicht so leicht beweglich, und nicht bei jeder Windrichtung brauchbar, wie die Ruder-Galeere des Mittelmeers, so war sie dafür weit stärker gebaut und konnte eine zahlreichere bewaffnete Mannschaft tragen. Der Hauptvorteil lag jedoch darin, daß bei der Galeere nur ein schmaler Raum vorn im Bug querüber mit Geschützen besetzt werden konnte, bei den Segelschiffen dagegen beide Breitseiten. Bei der Vernichtung der Großen Armada [2] König Phillipps II. 1588 erwiesen die Segeldreidecker der englischen Königin Elisabeth glänzend ihre Überlegenheit über die spani-

schen Galeeren und Galeassen. Schon im 16. Jahrhundert ging man dazu über, die Geschütze in mehreren Stockwerken oder Decks übereinander aufzustellen, um ihre Zahl und damit ihre Wirksamkeit zu erhöhen. Man erbaute Schiffe von gewaltigen Dimensionen, die ihrer Zeit als ebenso erstaunlich galten wie uns heute die „Dreadnoughts."

Namentlich auf Lübecker Werften wurden mehrere solche Riesen hergestellt, zum Teil für die englische Kriegsflotte unter Heinrich VII. und VIII. (um 1500). Das Admiralschiff der Lübecker im Nordischen Dreikronenkriege 1566, „Der große Adler von Lübeck," hatte 3000 t Deplacement und fast 700 Mann Besatzung.

Im Laufe des 17. und 18. Jahrhunderts bildete sich die Taktik der Kriegführung mit Segelschiffen immer mehr aus. Man ließ die Schiffe in Kiellinie hintereinander segeln — daher der Ausdruck Linienschiffe — und mit ihren Breitseiten auf die feindliche Linie feuern; man suchte ferner dem Gegner die Luvseite (wo der Wind herkommt) abzugewinnen, um im gegebenen Augenblick einem Teil der feindlichen Linie dicht auf den Leib zu rücken, sie zu durchbrechen und die Schiffe der Gegner durch „Enfilierfeuer" (längsschiffs) außer Gefecht zu setzen. Den Höhepunkt dieser Segelkriegstaktik bildete die Schlacht von Trafalgar (21. Oktober 1805), in der Nelson die verbündete französisch-spanische Flotte vernichtend schlug. Nelsons Flotte bestand aus Zwei- und Dreideckern. Flinke Fregatten, mit nur einer Reihe von Geschützen unter Deck, dienten hauptsächlich zum Kaperkrieg und zur Aufklärung.

Ein Menschenalter später erwuchs dem großen Segellinienschiff ein gefährlicher Rivale. Der Dampfer war

in seinen Bewegungen unabhängig vom Wind und weit manöverierfähiger als der unbehilfliche Dreidecker. Anfänglich baute man nun Dampfmaschinen auch in die Linienschiffe ein. Hier aber waren sie dem Feuer der verbesserten Geschütze allzusehr ausgesetzt. Man mußte auf Mittel sinnen, den Schiffsrumpf besser zu schützen. Der Bau von mehrdeckigen Linienschiffen wurde aufgegeben, man konstruierte nur noch Fregatten und bekleidete den hölzernen Rumpf mit Eisenplatten. Das erste Panzerschiff war die auf Veranlassung Napoleons III. erbaute französische „Gloire" (1858). Ihr[1] ließen die Engländer den „Warrior" folgen, der bereits ganz aus Eisen erbaut war.

Wie aus diesen ersten Panzerschiffen allmählich das moderne Schlachtschiff sich entwickelt hat, können wir hier nur in aller Kürze andeuten. Die Entwickelung wurde hauptsächlich dadurch beeinflußt, daß man immer leistungsfähigere Geschütze herstellte. Mit der Größe und Durchschlagskraft wuchs aber auch das Gewicht der Geschütze, und daher sah man sich gezwungen, auch ihre Zahl immer mehr zu verringern. Auch die Panzerfläche mußte, je dicker und schwerer der Panzer wurde, verkleinert werden. Man vereinigte die Geschütze in gepanzerten Kasematten, dann in Drehtürmen. Längere Zeit (etwa 1890–1905) hatte das typische Schlachtschiff nur noch vier schwere Geschütze, die paarweise in je einem Turm vorn und hinten aufgestellt waren. Dazu kam noch Mittel- und Kleinartillerie zur Abwehr von Torpedobooten. Erst 1905 machten die Engländer mit ihrer „Dreadnought" wieder einen großen Sprung vorwärts. Sie erhielt nicht weniger als 10 schwere Geschütze in 5 Drehtürmen und dementspre-

chend ein nahezu anderthalbmal so großes Deplacement (22 500 t) als bisher üblich. Im Geschützkaliber ist man allmählich von 28 und 30,5 cm auf 34 und 38 cm hinaufgegangen, doch sind 38-cm-Geschütze noch in keiner Marine tatsächlich in Verwendung. Die großen Linienschiffe, in den meisten Marinen in Divisionen zu vier und Geschwadern zu acht Schiffen vereinigt, haben den eigentlichen Kampf um die Herrschaft auf See auszufechten. Schnelle Linienschiffskreuzer (von etwa 25 000 t, 8–10 schweren Geschützen, 29 Seemeilen Geschwindigkeit) dienen zur strategischen Aufklärung und zur Unterstützung der Hauptgeschwader im Kampf. Kleine Kreuzer, von der Art der „Augsburg," werden ebenfalls zur Aufklärung und zur Sicherung der Hauptflotte gegen Torpedobootsangriffe verwendet. Die Wirksamkeit der Torpedowaffe hat sich in den letzten Jahren durch die Ausdehnung des Schußbereiches der Torpedos sehr gesteigert. Der gefährlichste Feind der großen Schlachtschiffe sind jedoch die Unterseeboote; nur die geringe Geschwindigkeit dieser Fahrzeuge wird häufig ihren Erfolg vereiteln.

Was bis jetzt unsere Flotte in diesem Kriege geleistet hat, ist höchst achtenswert und ein Beweis ihrer Schneidigkeit. Diese fußt natürlich auf dem Vertrauen, das die Besatzung in die Güte und Zuverlässigkeit ihrer Fahrzeuge setzt. Der deutsche Schiffbau hat sich in den letzten Jahrzehnten mächtig entwickelt, und alle Welt will ihre Kriegsfahrzeuge aus deutschen Werften beziehen. Wir sind in dieser Beziehung den Engländern technisch ebenbürtig geworden. Dem oben erwähnten kühnen Handstreich des deutschen Kreuzers „Augsburg" vor Libau sind weitere schneidige Taten gefolgt. Die Kreu-

zer „Goeben" und „Breslau" haben unerwartet schnell die nordafrikanischen Häfen beschossen und sind dann vermöge ihrer Schnelligkeit den englischen und französischen Kriegsschiffen entkommen. Wenige Tage später erwies sich wiederum der hohe Gefechtswert der beiden deutschen Schiffe. Es gelang ihnen, aus dem neutralen Hafen Messina, in dem sie von englischer Übermacht blockiert waren, auszubrechen. Auch auf dem sonstigen Kriegsschauplatze haben unsere Kriegsschiffe eine überaus lebhafte Tätigkeit entwickelt. Wo es nur irgend möglich war, haben sie dem Feinde durch Legen von Minen, Aufbringen von Handelsschiffen und Zerstörung von Kriegsschiffen empfindlichen Schaden zugefügt. Wir können also darauf vertrauen, daß die furchtbaren Kämpfe in Ruhm und Ehren von unserer Flotte bestanden werden.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 19, 20 vom 1. Okt. 1914, S. 346.

XXXIII. Mathematik

EIN EIGENTÜMLICHES ZAHLENSPIEL

Der bekannte Mathematiker Geheimrat Martus teilt ein eigentümliches Zahlenspiel im „Archiv der Mathematik und Physik" mit.

Man schreibe[1] eine dreistellige Zahl nieder; Bedingung ist, daß die erste und die letzte Ziffer von einander verschieden sein müssen. Unter diese Zahl setze man dieselbe Zahl nur unter Vertauschung der ersten und letzten Ziffer und ziehe die kleinere von der größeren ab. Unter die so erhaltene Zahl setze man dieselbe Zahl unter abermaliger Vertauschung der ersten und der letzten Ziffer und addiere die beiden Zahlen zusammen. Das Resultat

macht 1089. Der erstaunte Leser fragt: Ja du weißt ja noch nicht, welche Zahl ich gewählt habe, wie kannst du das Endergebnis dieser Rechenmanipulationen festsetzen? Geheimrat Martus antwortet darauf: Das ist eben das Eigentümliche, denn du magst welche Zahl immer[1] gewählt haben, immer erhältst du die Zahl 1089 zum Endergebnis dieser Rechnungen.

Ein Beispiel. Nehmen wir 712. Wenn wir in dieser Zahl die erste und die letzte Ziffer tauschen, erhalten wir 217. Ziehen wir die kleinere Zahl von der größeren ab, so erhalten wir 495. Tauschen wir abermals erste und letzte Ziffer, setzen die neue Zahl 594 unter die erste und addieren beide Zahlen, so erhalten wir 1089, was behauptet wurde. Und welche dreistellige Zahl man auch immer wählen möge, immer wird das Endergebnis vorbeschriebener Rechentransaktionen dasselbe sein. Aber wir gehen weiter. Ganz dasselbe ist der Fall auch bei beliebigen vier-, fünf- und mehrstelligen Zahlen, nur mit dem Unterschiede, daß bei vierstelligen eine Neun mehr, bei fünfstelligen zwei Neunen, bei sechsstelligen drei Neunen und so fort immer um eine Neun mehr für jede Stelle, um die eine Zahl größer ist, im Endergebnis zwischen der Null und der Acht zu stehen kommen. Bei einer vierstelligen Zahl wird also das Schlußergebnis 10 989, bei einer fünfstelligen 109 989, bei einer sechsstelligen 1 099 989 usw., bei einer zehnstelligen 10 999 999 989 sein.

Beispiel:

76543
36547
39996
69993
109989

Es besteht also ein regelmäßiges Gesetz. Jedesmal entsteht eine Zahl, die mit 10 beginnt und mit 89 endet, während zwischen 10 und 89 lauter Neunen stehen, und zwar immer um drei Neunen weniger als die zuerst gewählte Zahl Stellen in sich schließt.

Es ergibt sich aus dieser Eigentümlichkeit, deren Wesen wohl Mathematiker bald erkannt haben werden, ein interessantes Gesellschaftsspiel für lange Winterabende. Man läßt eine beliebige mehrstellige Zahl aufschreiben (mit ungleichen Eckziffern), läßt dann diese beiden Eckziffern vertauschen, die kleinere Zahl von der größeren abziehen, dann die Eckziffern der neu gewonnenen Zahl mit einander vertauschen, die beiden Zahlen zusammenaddieren, fragt dann bloß wie vielstellig war die ursprünglich gewählte Zahl und kann dann genau die als Endresultat sich herausstellende Summe angeben.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 15 vom 1. Aug. 1912, Seite II.

XXXIV. Erinnerungen an Robert Bunsen

Von Dr. Felix Kuh

Die Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeiten Robert Bunsens ist soeben anläßlich der hundertsten Wiederkehr seines Geburtstages in zahlreichen, längeren und kürzeren Aufsätzen gewürdigt worden. Man hat vor allem den genialen Erforscher der Spektralanalyse gefeiert, man hat daran erinnert, mit wie unermüdlichem Fleiß der große Chemiker alle Hilfsmittel seiner Wissenschaft verbessert, wie er zahllose, uns heute unentbehrliche Apparate und Methoden erfunden hat, man hat der

Vielseitigkeit gedacht, mit der sein spürender Geist fast das ganze Gebiet der chemischen und physikalischen Forschung umspannte. Die Vulkane auf Island, die Lichtstrahlen entlegener Weltkörper, die Zusammensetzung der Moleküle, die Gase im Hochofen, die Bestandteile der Atmosphäre, die Entstehung und Verwendung des elektrischen Stromes, wie weit ist dieses arbeitsreiche Leben von der Vorstellung entfernt, die man sich bisweilen von der Einseitigkeit und „Weltfremdheit" eines Gelehrtendaseins zu machen pflegt!

Über Beruf und Wissenschaft aber steht das Menschliche, wie überall, so insbesondere bei Robert Bunsen. Die Größe und Tragweite seiner Forschungen, sie braucht gewiß nicht vor einem Kreise von Fachleuten nochmals erörtert zu werden. Dagegen bleibt es immer eine reizvolle und freundliche Aufgabe, sich des Lehrers, sich des Menschen zu erinnern, und so mag es[1] einem seiner Schüler, der noch das Glück genossen hat, — es sind nun bald drei Jahrzehnte darüber hingegangen, — im alten Heidelberger Laboratorium von Robert Bunsen selbst in die Geheimnisse der chemischen Analyse und Synthese eingeführt zu werden, erlaubt sein, daß er einige unvergeßliche Bilder aus fröhlich-ernster Studentenzeit heraufbeschwört, Bilder, die anscheinend nur kleine, nebensächliche Züge aufweisen, die aber doch vielleicht einen tiefen Einblick in ein wahrhaft großes, echt menschliches Dasein gestatten.

War es gestern, war es heute, niemals werde ich den Morgen vergessen, an dem ich, ein hoffnungsvoller Fuchs, zum ersten Male der hohen, leicht übergebeugten Gestalt des Patriarchen unter den Chemikern gegenüberstand. Ich meldete mich bei Seiner Exzellenz dem Wirklichen

Geheimrat von Bunsen, dem weltberühmten Forscher und Entdecker, ich suchte ihn auf in seinem eigenen Reich, in der Werkstatt, aus der so viele Wunder hervorgingen, und ich war, offen sei es eingestanden, im ersten Augenblick recht überrascht: Das damalige Heidelberger Laboratorium in der Akademiestraße war ein recht bescheidenes Bauwerk, nicht entfernt zu vergleichen mit den Prachtbauten und dem Komfort, an die der junge Student von Berlin her gewöhnt war. Sparsamste Einfachheit, wohin man blickte, überall das Prinzip, mit den kleinsten Mitteln auszukommen, eine Kunst, die, nebenbei bemerkt,[1] manchem Chemiker, der späterhin in exotische Gegenden verschlagen wurde, die schönsten Früchte getragen hat. Nun aber Bunsen selbst! Trug schon seine ganze Umgebung den Charakter äußerster Schlichtheit, so war er, der große Bunsen, bekanntlich die Verkörperung des Satzes, daß Wahrheit und Größe immer mit Einfachheit gepaart sind. Veri sigillum simplex.[2] Niemals wieder habe ich diesen Satz in gleichem Maße bestätigt gefunden, wie bei Bunsen und in Bunsens Reich. Von äußerem Prunk wußte seine Natur nichts, Titel und Orden waren ihm von Herzen gleichgültig. Ein Student, der Seine Exzellenz,[3] wie eigentlich recht und billig, mit diesem hohen Titel anzureden wagte, konnte ziemlich bestimmt darauf rechnen, daß Bunsen ihm antwortete: Eurer Hochwohlgeboren,[4] die Sache verhält sich so und so. . . .

Bisweilen ist freilich solche äußere Einfachheit ebenfalls nichts anderes, als eine besondere Form eitler Koketterie, bei Bunsen aber entsprach sie ganz bestimmt einem innerlichen Wesenzug. Wie einfach, wie rührend bescheiden, wie treu in der kleinsten Kleinigkeit gab

sich der Lehrer seinen Schülern! Kein Morgen verging, an dem nicht der große Bunsen, damals doch schon ein Siebziger, bei den jüngsten Laboranten von Tisch zu Tisch ging und ihnen zeigte, daß man mit Chlornatrium und salpetersaurem Silber einen schönen, in Ammoniak löslichen Niederschlag, oder mit Chlorbaryum und Schwefelsäure ebenfalls eine prachtvolle Fällung erhält, oder was dergleichen Naturwunder mehr sind. Und wenn es gar an die Flammenreaktionen ging, Bunsens eigentlichstes und liebstes Gebiet in der qualitativen Analyse! Wie konnte sich da der Forscher, der uns ganze Welten erschlossen hat, so natürlich und kindlich freuen, so oft nur eine Boraxperle schön gefärbt, aus der Flamme, aus s e i n e r Bunsenflamme hervorging! Und das Sodastäbchen! Der kennt euch nicht, ihr chemischen Mächte, der nicht Robert Bunsen hat operieren sehen,[1] wie er mit einem gewöhnlichen Streichholz, das mit einem kleinen Sodakristall umschmolzen wurde, so ziemlich eine ganze Mineralanalyse aus dem Handgelenk zuwege brachte. Für ihn gab es keine „Tücke des Objekts." Er stand im eigentlichen Sinne des Wortes mit der Materie auf du und du.[2] Phantasiereiche Gemüter erzählten ihrer schaudernden Zuhörerschaft, wie Bunsen gemächlich den Finger in die heißeste Stelle der Gasflamme gehalten habe, indem er dozierte: „An dieser Stelle, mein lieber Herr, müssen Sie oxydieren," und dann ging der Finger langsam an eine andere Stelle des Flammenkegels, „und hier, sehen Sie, muß man reduzieren; hier ist die Hitze um so und soviel hundert Grade geringer oder größer, als anderswo." Ein bißchen Mythenbildung war dabei, aber Tatsache ist es, daß Bunsens feuerfeste Hände mit Glasgefäßen und Platin-

deckeln manipulierten, die jeder andere Sterbliche nicht ungestraft berührt hätte. Ganz sicherlich hatte man beständig den Eindruck, daß jeder Tiegel, jedes Becherglas, jeder Mörser sich unter diesen wunderbaren Händen in ein beseeltes Wesen verwandelte, das jedem Wink des Meisters willig gehorchte. War es das Alter, war es der gute Rotwein, den Bunsen gelegentlich nicht verschmähte: ein wenig Zipperlein steckte trotz allem in seinen Fingern. Was aber nicht im entferntesten hinderte, daß er bei der Gasanalyse ein schweres, mit Quecksilber gefülltes Eudiometer auf seinem Daumen mit einer Sicherheit balancierte, um die ihn mancher Taschenspieler beneidet hätte. Daß einmal ein unbotmäßiges Schießrohr zu unrechter Zeit explodierte und dem mutigen Forscher die Sehkraft des einen Auges geraubt hatte, das war gewiß nur die erste Auflehnung der Materie, die ihren Herrn noch nicht anerkennen wollte. Bunsen war damals, als dieser Unfall geschah, erst 25 Jahre alt. Späterhin haben solche heimtückischen Kobolde sich nicht mehr an ihn herangewagt, und mit welcher Kühnheit hat er sie bisweilen gereizt! Man muß gesehen haben, wie Bunsen in der Vorlesung mit Chlorstickstoff und ähnlichen gefahrdrohenden Substanzen umging, um sich ein Bild von der zauberhaften Herrschaft, die ihm über Kraft und Stoff zueigen war,[1] machen zu können. — Und mit goldenen Buchstaben steht in den Annalen der Naturgeschichte der Heldenmut verzeichnet, mit dem Bunsen seine Untersuchungen über das Kakodyl ausgeführt hat. Der Bruchteil eines Gramms dieser Substanz genügt bekanntlich, um durch den furchtbaren Geruch eine ganze Versammlung erprobter Chemiker spielend zu sprengen. Bunsen aber

ROBERT BUNSEN

(1811–1899), hervorragender Chemiker, Entdecker der Spektralanalyse

hat, so erzählte man noch bewundernd zu meiner Zeit, jahrelang und täglich mit großen Quantitäten dieses giftigen und gefährlichen Körpers gearbeitet.

„Morgen kommt Bunsen in seinem Kolleg auf die Spektralanalyse." Diese Nachricht, die man sich im Laboratorium und der Kneipe zuraunte, genügte, um den Hörsaal, der übrigens auch sonst stets gut gefüllt war, bis auf den letzten Platz und alle Gänge zu besetzen. Kein Fechtboden, kein Frühschoppen, kein Exbummel nach Neckargemünd übertraf die Anziehungskraft dieses Ereignisses, sie erschienen alle, alle, die bei Bunsen belegt hatten und sonst wohl nur seltene Gäste [1] waren. Und dann kam der feierliche Moment, in dem der große Entdecker — notgedrungen, schien es — von seiner eigenen Entdeckung erzählte, und wie erzählte! Als handle es sich um die einigermaßen interessante, aber sonst weiter nicht belangreiche oder schon gar nicht bewunderswerte Tat eines völlig fremden Menschen! Der Name Kirchoff, ja, der wurde erwähnt, aber von sich sprach Bunsen mit keiner Silbe. Von den Alkalimetallen ist die Rede. „Man kannte erst diese und diese, späterhin ergab sich eine Methode, durch die man die Reihe dieser Metalle noch um einige weitere Glieder vermehrte, und diese Methode, nun, das ist eben die Spektralanalyse, auf die man nun wohl oder übel [2] mit einigen Worten eingehen muß." Das Auditorium aber wußte, was es dem Meister schuldig war: in flammender Begeisterung brachte es an dieser Stelle jedesmal durch donnerndes Getrampel [3] dem bescheidenen Manne am Vorlesungstisch da vorn den Tribut seiner Verehrung dar. Und ein unendlich freundliches, aber abwehrendes, fast verschämtes Lächeln antwortete auf diese so reich verdiente Huldigung.

Vielleicht darf hier eingeschoben werden, daß Bunsen auch bei anderer Gelegenheit mit der Wahrheitsliebe des echten Gelehrten ängstlich darüber gewacht hat, daß nur ja sein Anteil an der Erforschung der spektroskopischen Erscheinungen seinem Mitarbeiter Kirchoff gegenüber nicht überschätzt würde. Beinahe können wir hier noch ein besonderes Jubiläum feiern, denn ein halbes Jahrhundert ist seit jener denkwürdigen Stunde verflossen, in der Bunsen und Kirchoff in dem großen Barockgebäude in der Märzgasse zu Heidelberg, das den Namen „Der Riese" trägt, ihren Beobachtungen oblagen. Ein Zufall führte auf die Wahrnehmung des Absorptionsspektrums, und nun wird erzählt, wie beide Forscher sich um die Erklärung des Phänomens bemüht haben. Bunsen legte sich nachdenklich auf ein Sofa, das im Beobachtungszimmer stand, und Kirchoff ging aufgeregten Schrittes hin und her. Man sprach von diesen und jenen Dingen, unter anderem von einer Schauspielergruppe, die jüngst in der Stadt eingetroffen war; aber naturgemäß wollte die Unterhaltung nicht in Fluß kommen, denn immer wieder wandte sich die Aufmerksamkeit der noch unerklärlichen, an dem bescheidenen, kleinen Spektroskop gemachten Wahrnehmung zu. Nach einer geraumen Weile rief der eine von ihnen — war es Kirchoff oder Bunsen? — erfreut aus. „Ich weiß, woran es liegt!", sofort aber erwiderte der andere: „Noch einen Augenblick, auch mir schießt bereits die Erklärung durch den Kopf." Darauf tauschten beide ihre Meinungen aus, und es ergab sich, daß sie fast genau in demselben Moment das Richtige gefunden hatten.

Bunsen als Lehrer! Weder in meiner Schulzeit, noch

auf der Universität bin ich jemals wieder auf ein Beispiel solcher Verehrung gestoßen, wie sie Bunsen bei seinen Schülern genoß. Zum Teil waren es zu meiner Zeit schon das ehrwürdige Alter und die Fülle geschichtlicher Erinnerungen, durch die uns unser Meister und Lehrer imponierte. Wenn Bunsen gelegentlich erzählte: „Mein Freund A v o g a d r o“ usw., so stieg uns allen ein leiser Schauer der Bewunderung auf. Stand nicht ein großes Kapitel der Geschichte unserer Wissenschaft leibhaftig und lebendig vor unseren Augen? Aber dieses Gefühl allein hätte doch schwerlich jene persönliche Hingabe zuwege gebracht, mit der wir uns alle an den großen Mann gefesselt fühlten. Noch erinnere ich mich deutlich, wie einer von den älteren Schülern — er ist heute wohlbestallter Professor an einer deutschen Hochschule — eine halbaufgerauchte Zigarre Bunsens ergattert hatte und diese als kostbares Erinnerungszeichen sorgfältig in ein Glasrohr einschmolz. Zu solcher fast sentimentalen Verehrung wäre es bei aller Größe und Bedeutung des Forschers nicht gekommen, wenn dieser nicht zugleich seinen Schülern gegenüber ein so außerordentlich liebenswürdiges Wesen an den Tag gelegt hätte. Schon war die Rede von der peinlichen Genauigkeit, mit der sich Bunsen auch des jüngsten Laboranten annahm, und wie gut verstand er es, das Interesse an der Sache zu wecken und durch einen freundlichen Scherz dem Anfänger über manche Schwierigkeit hinwegzuhelfen. Noch befindet sich in meinem Schubfach ein Uhrgläschen, in das Robert Bunsen höchst eigenhändig[1] zwei kleine Buchstaben hineingeätzt hat, um mir die Wirkung des Fluorwasserstoffs zu veranschaulichen. Zuerst aber hatte er mich schalkhaft gefragt,

was wir denn für Buchstaben wählen wollten. Der Gedanke, etwa s e i n e Initialen vorzuschlagen, war gänzlich ausgeschlossen; solches Byzantinertum wäre dem alten Herrn sicherlich ein Grund gewesen, meinen Arbeitsplatz sofort zu verlassen. Die Anfangsbuchstaben meines eigenen Namens zu wählen, verbot mir löbliche Bescheidenheit, und als ich demnach ein wenig zögerte, fragte mich Bunsen, ob es denn nicht irgend einen Namen gäbe, den ich gern in Stein, Holz oder Glas einschneiden möchte, es könnte ja auch ein w e i b l i c h e r sein. Und glücklicherweise kannte ich einen solchen, und Bunsen und ich zogen die beiden Buchstaben auf das wachsüberzogene Gläschen, und das Gläschen brachte ich „ihr," und wir beide heben es noch heute sorgsam auf! — Nicht gering ist die Zahl derjenigen jungen Studenten, die bei Bunsen nur beiläufig hören oder ein Semester im Laboratorium arbeiten wollten, die aber durch die Macht seiner Persönlichkeit und die Anziehungskraft seines Vortrages für das dauernde Studium der Chemie gewonnen worden sind.

Mit den Anekdoten, die über Bunsens Lebensführung im Gange waren, könnte man Bände füllen. „Warum, Exzellenz, benutzen Sie immer die dritte Klasse der Eisenbahnen?", worauf ganz harmlos die Antwort erfolgte: „Ja, eine vierte ist doch noch nicht vorhanden." * Ebenso gaben die berühmten Zigarren, deren Beschaffenheit das Geschmacks- und Geruchsorgan des großen Chemikers beinahe ebenso unempfindlich erscheinen ließen, wie seine feuerfesten Hände, ferner sein etwas gespanntes Verhältnis zur Musik, seine Abneigung

* Die im Neckartal verkehrenden Züge führten wohl damals nur drei Wagenklassen.

gegen rauschende Geselligkeit und ähnliche Züge der Fama reichlichen Stoff [1] zu allerhand teils wahren, teils ausgeschmückten Geschichtchen. Überall aber erscheint uns Robert Bunsen als eine harmonische Persönlichkeit, in der sich tiefster wissenschaftlicher Ernst mit humorvoller Lebensweisheit, schlichtes Wesen mit wahrer Größe vereint hat!

Die Welt der Technik, Heft Nr. 9 vom 1. Mai 1911, Seite 162.

XXXV. Baukünstler

Nicht von antiken und nicht von modernen Baumeistern will ich sprechen, nicht von Männern, die in früheren Jahrhunderten Bauwerke geschaffen, die heute noch — ach so vergebens — zur Nacheiferung auffordern, und nicht von Männern, die heute sich bemühen, mit Anwendung von Stuck und Gips uns Schönheit vorzutäuschen, sondern von jenen winzig kleinen Baukünstlern, die unser Fuß mitunter achtlos zertritt, und die, ohne an einer technischen Hochschule oder an einer Kunstakademie vorgebildet zu werden, doch verstehen, Bauten hervorzubringen, die Interesse erregen; — ich will von den Ameisen sprechen, jenen kleinen Lebewesen, die dem Forscher, dem Naturfreund ein so gewaltiges Beobachtungsfeld bieten.

Es ist noch gar nicht lange her, daß man sich mit den Ameisen mehr beschäftigt, obwohl schon von alters her die Ameise wegen ihres unermüdlichen Fleißes, ihrer Bautätigkeit und anderer rühmenswerter Eigenschaften halber Gegenstand der Bewunderung war. Rät doch schon der weise König Salomo, zur Ameise zu gehen und

von ihr zu lernen. Aber so ganz eingehend beschäftigt man sich erst seit einigen Jahrzehnten mit ihr. Allerdings hatte sich schon vor einem Jahrhundert I. P. Huber von Genf große Verdienste um die Beobachtung des Haushalts der Ameisen erworben, und sein Werk: „Recherches sur les mœurs des fourmis,"[1] das 1810 in Paris erschien, gilt heute noch als ein klassisches; später aber hat man sich wieder nur wenig um die Ameisen gekümmert, bis im Jahre 1874 das Werk des berühmten schweizer-Entomologen Auguste Forel: „Les fourmis de la Suisse"[2] erschien, das preisgekrönt wurde und abermals den Auftakt gab zu einer intensiven Forschung und eingehenden Beobachtung, und mit dem Fortschreiten der Forschung wuchs auch das allgemeine Interesse. Man könnte den Dichter paraphrasieren und sagen: „Greift nur hinein ins volle Ameisenleben (aber ja nicht in das Ameisennest), und wo ihr's packt, da ist's interessant." Das Ameisenleben bietet nach vielen Richtungen ganz merkwürdige Probleme, und viele Schwierigkeiten, die sich in der Ausgestaltung der menschlichen Gesellschaft ergeben, erscheinen hier restlos gelöst. Dem Sozialpolitiker, dem Volkswirtschaftler, auch dem Strategen eröffnen sich hier mancherlei Perspektiven. So ist[3] durch die Polymorphie, die bei den Ameisen ausgebildet ist, durch das Vorhandensein dreier Typen, der Männchen, der Weibchen und der geschlechtslosen Arbeitstiere, durch die von der Natur selbst angeordnete und durchgeführte Einteilung in Herren- und Arbeitstiere die Arbeiterfrage auf ganz eigentümliche, aber jedenfalls, und das ist die Hauptsache, unabänderliche und unumstößliche Weise[4] gelöst. Aber auch die bei den Menschen jetzt neuerdings so brennend gewordene

Frauenfrage ist gleichfalls durch die natürliche Beschaffenheit der Tiere in endgültiger Weise beantwortet, und zwar in einer für das männliche Geschlecht geradezu kompromittierenden Art. Die Weibchen sind in den geistigen Fähigkeiten den Männchen derart überlegen, daß es sich von selbst versteht,[1] daß die gesamte Leitung und Führung in den Kolonien den Weibchen obliegt, und daß mit der Absolvierung des Befruchtungsaktes die ganze zivile, militärische und politische Tätigkeit der Männchen erschöpft ist. Wenn Gefahren drohen, organisieren die Weibchen die Verteidigung, wobei allerdings die Arbeitsameisen am meisten mitwirken müssen; die Erbauung der Wohnhäuser, der Straßen, der Vorratskammern, die Einsammlung der Vorräte, die Aufziehung der Jungen, alles obliegt den Weibchen, wenigstens ihrer Leitung, während das Männchen, ich schäme mich es zu sagen, nichts tut, als daß es sich füttern läßt und das Seinige[2] zur Vermehrung der Art beiträgt.

Von Interesse für den Sozialpolitiker ist auch die Sklavenwirtschaft, die in den Ameisenkolonien herrscht. Hat eine Kolonie einen Raubzug veranstaltet und ist es ihren Scharen gelungen,[3] in eine fremde Kolonie einzudringen, dann schleppt die aufgebotene Mannschaft aus den eroberten Plätzen die Puppen fort und trägt sie nach Hause, wo die Jungen zu Sklaventieren herangezogen werden, ganz wie bei den Menschen im Altertum, wo der Kriegsgefangene Sklave wurde. Der Sklave unter den Ameisen ist aber kein gepeinigtes Wesen, untersteht keiner Sklavenzucht, er bewegt sich ebenso frei wie das Herrentier, nur daß er für das letztere Arbeit verrichten muß.

Bekannt ist, daß die Ameise sehr kampflustig ist und

daß sie mit voller Todesverachtung in die Schlacht zieht. Sieht eine Kolonie die Vorräte in gefährlicher Weise schwinden, macht sich ein empfindlicher Mangel an Sklaventieren fühlbar, wird ein Eroberungszug organisiert, und in geordneten von Befehlshabern geführten Haufen geht es gegen eine andere Kolonie. Von Friedenskongressen, von gemeinsamer Abrüstung scheinen die Ameisen nicht viel zu halten, vielleicht sind ihnen diese Dinge nicht einmal bekannt. Todesmutig geht es in den Kampf, und solch ein Feldzug endet nie mit einem faulen Frieden, sondern währt oft wochenlang, bis die mit Hartnäckigkeit verteidigte Festung gestürmt und erobert ist, oder bis die anstürmenden Heeresmassen vollständig aufgerieben wurden. Die Kriege werden weit grausamer geführt wie bei den Menschen, Pardon wird nicht verlangt und nicht gegeben.

Allerdings sollen auch die Fälle nicht selten sein, daß zwei benachbarte Kolonien, die so ziemlich gleich stark sind und sich einander nicht gut ausweichen können, gewissermaßen Bündnisse schließen und einen freundschaftlichen Verkehr eröffnen. Forel sagt: „Die Not und die Gelegenheit, das gemeinsame Bedürfnis nach Nahrung und Wohnung lassen die Kampflust zurücktreten. Nach meist unbedeutenden Drohungen, Stichelein und schwachen Kampfversuchen fangen die Ameisen an, gemeinsam zu arbeiten und bilden im Verlaufe kurzer Zeit eine einzige einträchtige Kolonie."

Es kommt auch vor, daß manchmal die Vorsicht der bessere Teil der Tapferkeit ist. Hat sich in der Nähe der Kolonie eine andere weit stärkere niedergelassen, und hat die erstere Ursache zu irgendwelchen Befürchtungen, dann wandert sie aus. Einige Ameisen ziehen

aus, um einen neuen geeigneten Wohnplatz zu suchen, haben sie ihn gefunden, beginnt das Übersiedeln von Nest zu Nest, wobei den Arbeitstieren und den Sklaven die ganze Arbeit obliegt. Sie müssen nicht nur die Larven und Puppen, die ganzen Mundvorräte, die Blattläuse, welche die Stelle der Milchkühe ersetzen, in die neuen Wohnstätten hinübertragen, selbst die Männchen und Weibchen sind meist zu träge, um sich in die neuen Wohnungen zu begeben, und werden von den Arbeitern huckepack hingetragen. Und dabei sind die getragenen Ameisen meist den Trägern an Größe überlegen, so daß bei allzu großen Entfernungen Zwischenstationen angelegt werden müssen, da die Träger nicht imstande sind, die oft große Last auf einmal eine längere Strecke weit zu schleppen.

Die Ameisen sind aber auch sanfteren Gefühlen nicht unzugänglich, sie üben Krankenpflege, und Forel, Wasman und andere haben beobachtet, wie erkrankte oder verwundete Ameisen von ihren Gefährtinnen sorgsam beleckt, dann umgewendet und wieder beleckt wurden, und daß der Erfolg dieser Kur ein vollständiger war, da z. B. ein durch Ameisensäure gelähmtes Tier durch diese Behandlung gesundete, während ein anderes in gleichem Zustande, das dieser auf Naturheilkunde beruhenden Behandlung nicht teilhaftig wurde,[1] verendete. Auch begraben die Ameisen ihre Toten, schleppen sie aus dem Baue hinaus auf den Friedhof und scharren sie ein oder bedecken sie mit Sand und Reisig. Soweit in der Kultur, daß sie ihre Toten auch verbrennen, haben sie es allerdings noch nicht gebracht. Vielleicht kommt es noch. Sollte es nach all dem Vorgesagten noch wundernehmen, daß die Ameisen auch Sport betreiben?

Sie tragen Puppen und Gegenstände hin und her, offenbar um sich von dem Überschuß an Muskelenergie zu befreien, und führen Scheinkämpfe, namentlich Ringkämpfe auf. Forel, Wasman, Huber u. a. haben diese Kampfspiele beobachtet und beschrieben. Nachdem sich zuerst einige Ameisen durch Fühlertasten geliebkost haben, erheben sie sich auf den Hinterbeinen, ringen miteinander, packen sich an den Beinen oder den Fühlern, lassen sich dann eine Zeitlang los, um dann wieder weiter zu ringen, umfassen sich, überschlagen sich, erheben sich, um sich wieder zu fassen. Mag auch der Kampf noch so heftig erscheinen, niemals tun sich die Kämpfer etwas zuleide, niemals machen sie von ihrem Gift Gebrauch.

So sehen wir vielerlei Arten von Instinkten bei den Ameisen ausgebildet, bei den verschiedenen Arten meist einen hervorragend auf Kosten anderer. So ist z. B. die Amazone, das Weibchen, bei einer bestimmten Art von Ameisen ganz Kriegerin und mit sogenannten „Mandibeln" versehen, das sind sichelförmig gekrümmte, gezähnte und mit scharfen Spitzen versehene Organe, die furchtbare Waffen sind, da die Amazone mit ihnen feindliche Ameisenschädel durchbohrt. Und während nun diese Amazone die Kriegszüge mit wunderbarer Findigkeit organisiert und mit vor nichts zurückschreckendem Elan durchführt, ist sie anderseits nicht imstande, allein zu fressen, sondern muß von Arbeitstieren oder Sklaven gefüttert werden. In Ermangelung solcher muß die Amazone verhungern, auch wenn Überfluß an Nahrung vorhanden ist, obgleich sie organisch zum Selbstfressen keineswegs unfähig ist.

Zufolge dieser verschiedenen Ausbildung der verschie-

denen Instinkte hat sich auch bei den Ameisen das Prinzip der Arbeitsteilung herausgebildet, und nun wollen wir uns mit denjenigen von ihnen beschäftigen, denen der Bau der Nester obliegt, mit den Ameisen-Baumeistern.

Das Nest der Ameise ist dem der Biene oder der Wespe in der Kunstform weitaus überlegen, denn das Nest der letztgenannten Insekten ist vollständig einförmig, während die der Ameisen eine große Mannigfaltigkeit aufweisen, sowohl in bezug auf das Material, wie in der Konstruktion, in der inneren Einrichtung, ja sogar in der Örtlichkeit, wo sie errichtet werden.

Aber nicht nur, daß fast jede Ameisenart ihre eigene Bauweise hat, unter Umständen baut oft eine und dieselbe Art verschieden je nach der Örtlichkeit. In dieser Richtung besitzen die Ameisen eine geradezu erstaunenswerte Anpassungsfähigkeit. Die meisten Ameisennester werden wohl unter der Erde gegraben, in Überschwemmungsgebieten, namentlich in Südamerika, bauen Ameisen auch ihre Nester hoch oben auf Bäumen. Ja dieselbe Art wird, wenn sich ihre Lebensbedingungen in irgendeiner Art ändern, auch ein von ihren früheren Nestern ganz verschiedenes Nest bauen. So hatte Forel einst eine Kolonie von Ameisen von Algier in die Schweiz versetzt. Anfangs bauten sie ihr Nest in althergewohnter Weise, als sie aber erkannten, daß sie am neuen Platze mit anderen Feinden zu rechnen hatten, als in ihrer alten Heimat, so trugen sie diesen veränderten Verhältnissen sofort Rechnung und bauten ganz anders geformte Nester. Während in Algier die Nestöffnungen sehr groß waren, verkleinerten sie hier die Öffnung und richteten sie derart ein, daß diese des Nachts vollständig

geschlossen werden konnte. Es ist auch nicht richtig, daß immer einem Baue ein Staat entspricht, häufig verfügt ein Ameisenstaat über mehrere Nester, die untereinander durch oft sehr lange und weitläufige Gänge in Verbindung stehen und die in ihrer Anlage und in ihrer Ausstattung oft sehr voneinander abweichen, wie es eben überall die Örtlichkeit verlangt. Man sieht hieraus, wie der Bauinstinkt bei der Ameise entwickelt ist; man möchte sagen, wie ein geschulter Architekt weiß sie bei jeder Örtlichkeit zu unterscheiden, welcher Bau hier der entsprechendste wäre. Ja, es gibt Ameisenarten, welche Winternester besitzen und im Sommer in die Villeggiatur gehen, indem sie sich Sommernester herrichten. Im März oder April findet der Umzug in das Sommernest und im September in umgekehrter Richtung statt. Die Lage des Winternestes ist eine derartige, daß sie Schutz gegen die Kälte bietet, während das Sommernest so eingerichtet ist, daß die Ameise gegen die glühende Sonne geschützt ist. Diejenigen Ameisen, die keine getrennten Saisonnester besitzen (und sie bilden die Mehrheit der Gattungen), verstehen es, ihre Nester durch eine jeweilige Änderung der Form den Änderungen der Temperatur anzupassen. So z. B. werden die Kuppeln bei steigender Temperatur und größerer Trockenheit flacher und niedriger, bei sinkender Temperatur und größerer Feuchtigkeit höher gewölbt. So ist die Mannigfaltigkeit der Ameisennester eine fast unbegrenzte; jede der unzähligen Arten hat ihren charakteristischen Baustil und ändert ihn insoweit ab, als es durch die Verhältnisse geboten erscheint. Will man jedoch bestimmte Kategorien von Bauarten feststellen, dann wird man Dauernester und Wandernester

unterscheiden, und unter den ersteren wieder Erdnester, Holznester, Marknester, gesponnene Nester, Nester in bereits vorhandenen Höhlungen, zusammengesetzte Nester und viele andere.

Das verbreitetste Nest, namentlich das in Europa verbreitetste, ist wohl das Erdnest. Diese Nester bestehen aus einer großen Menge von Gängen, die an vielen Stellen mehr oder weniger zu größeren Räumen und Kammern erweitert sind.

Öffnet man ein solches Nest, erscheint es als ein Labyrinth von Gängen und Kammern. Diese letzteren bilden die Aufbewahrungsorte für die Fruchtvorräte, dienen zur Aufnahme der Brut, sind die Stallungen der Blattläuse und sind Pilzkammern, in denen die Ameisen Pilzzucht betreiben. Diese Nester sind oft von bedeutender Größe, denn die Vorratskammern und dergl. sind mitunter 1–2 Meter tief in die Erde eingebaut.

Trotz dieser großen Mannigfaltigkeit der verschiedenen Ameisennester haben die Ameisen zum Bauen nichts weiter als den Oberkiefer zum Handwerkszeug, unterstützt von den Vorderfüßen, die zum Auflockern der Erde und zum Plattdrücken der Krümchen, die als Bausteine dienen, verwendet werden. Den Klebstoff bilden Wasser und die Absonderung der Speicheldrüse. Sieht man die emsig bauenden, zu- und abtragenden Tierchen, findet man bald, daß einzelne von ihnen eine größere Geschicklichkeit besitzen als die anderen, und wahrscheinlich die Bauleitenden sind, denn man sieht, wie sie oft einzelne Erdklümpchen, die soeben hingeschleift und festgemacht wurden, wieder loslösen und anderswohin versetzen, und wie sie soeben aufgeschichtete Erde wieder abtragen, wie sie ihre Arbeitsgenossen

offenbar suggerieren, denn auch diese ändern das, was sie soeben geschaffen haben, häufig wieder ab und führen es in anderer, wahrscheinlich zweckentsprechenderer Weise aus. Wie sehr sich die Ameisen in ihren Bauten den Verhältnissen anpassen, ist schon daraus ersichtlich, daß sie sich durch die herrschenden Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnisse bestimmen lassen,[1] ihre schon fertigen Bauten abzuändern. An sehr heißen Tagen werden die Erderhebungen abgetragen, die zahlreichen Eingangspforten verkleinert, bei großer Feuchtigkeit das Erdreich aufgelockert. Man kann in kühlen, feuchten Sommern bemerken, daß die als „Ameisenhaufen" bekannten kuppelförmigen Erderhebungen viel höher, kuppelförmiger angelegt sind als in trockenen, heißen Sommern.

Mit der Herstellung solcher, der jeweiligen Situation angepaßten Brut- und Wohnräume ist aber die Bautätigkeit der Ameisen nicht erschöpft. Sie sind auch Straßenbauer. Sie legen Wege an, die oft 50 Meter weit nach allen Seiten hin ausstrahlen. Namentlich werden Straßen gelegt zwischen den Nestern und den Anpflanzungen, welche sie brandschatzen. Diese Straßen überwölben sie längs des Bodens mit Ästen und Blättern, um Licht und Regen abzuhalten.

Zum Mauern ist Wasser erforderlich. Deshalb werden die Oberbauten stets während oder unmittelbar nach dem Regen ausgeführt. Mit dem Oberkiefer schleppen die Arbeiter größere oder kleinere Erdklümpchen herbei, kneten und formen sie und stellen sie dort ein, wohin sie gehören. Dann pressen sie diese Bausteine mit den Vorderbeinen fest an und glätten die betreffende Stelle, wobei sie sich ihrer Fühler bedienen.

In geradezu erstaunlich geschickter Weise verstehen sie es, gegebene örtliche Verhältnisse auszunützen, indem sie jedes Blatt, jeden Grashalm benützen und zur Befestigung der Konstruktion verwerten. Es gibt Ameisenarten, welche die Kuppel fester und widerstandsfähiger machen, indem sie ihre Oberfläche mit Steinchen pflastern. Kleine, weiße Pflastersteinchen werden oft tief aus der Erde hervorgeholt und regelmäßig in einer Lage nebeneinander gelegt.

Wie wir schon sagten, gibt es neben den Erdnestern auch Holz- und Marknester, von denen die ersteren in festes, totes oder lebendes Holz, die letzteren in weiches Mark eingegraben sind. Selbstverständlich bietet das Holz dem Bearbeiter einen viel kräftigeren Widerstand dar als die Erde, und sind die Ameisen, die Holznester bauen, mit besonders kräftigem Oberkiefer ausgerüstet. Gewöhnlich werden die Holznester so angelegt, daß das weichere Holz ausgehöhlt wird, während das härtere als Zwischenwand stehen bleibt. Es gibt auch Ameisenarten, die nur in schon bestehenden Höhlungen ihre Wohnungen aufschlagen, da handelt es sich darum, allzu große Öffnungen zu verkleinern, oder ganz zu vermauern, oder Zwischenwände aufzuführen, oder Böden einzuziehen usw.

Interessant sind die sogenannten zusammengesetzten Nester, wenn die Nester von zwei oder mehreren verschiedenen Ameisenarten unmittelbar aneinander grenzen. Solange eine trennende Wand vorhanden ist, ist auch Ruhe; wird diese Wand auf welche Weise immer entfernt, beginnt der Kampf, denn meistens verhalten sich die Bewohner feindlich zueinander. Es kann auch vorkommen, daß die Nester ineinander gebaut sind, und

das ist der Fall, wenn die sogenannten Diebs- oder Gastameisen, die sich durch besondere Kleinheit auszeichnen, ihre Wohnungen in die dicken Wandungen der Nester größerer Ameisenarten einbauen. Die Kammern dieser Wohnungen sind durch sehr schmale Kanäle miteinander verbunden, und noch feinere Gänge führen in die Wirtschaftsräume der Wirtsameisen. Durch diese schmalen Gänge können nur die Arbeiter der kleinen Ameisenart hindurch, nicht aber die der großen Wirtsameisen. Und die weit größere Wirtsameise duldet den jedenfalls unbequemen Gast, der sich durch die schmalen Gänge einschleicht und an den angesammelten Vorräten gütlich tut, vor allem, weil sie ihn durch die schmalen Gänge nicht verfolgen kann, dann aber auch, weil sie im Kampfe meist unterliegt. Denn die kleine Diebsameise ist sehr mutig, besitzt einen gefährlichen Giftstachel und ist so klein, daß die Wirtsameise sie fast gar nicht oder doch nur sehr schwer sieht.

Das sind einige der Formen, in denen die Ameise ihren Bauinstinkt betätigt. Was bei ihr in Erstaunen setzen muß, und weshalb man ihr den Namen Baukünstlerin nicht verweigern darf, ist, daß sie nicht ihr Nest wie andere nesterbauende Tiere, wie die Biene, die Vögel und dergl., nach einem gewissen, sich stets gleich bleibenden Schema erbaut, sondern daß sie förmlich für jeden Bau einen Plan ersinnt und den Bau den betreffenden Verhältnissen anpaßt. Deshalb gibt es auch keine generalisierende Beschreibung eines Ameisenbaues, jeder weicht in Form und Ausführung von allen oder doch wenigstens von vielen anderen erheblich ab. Jeder hat seine gewisse Note, und da man bei den kleinen Tierchen, die sich durch diesen Bausinn so vorteilhaft

von allen großen und kleinen Tieren auszeichnen, doch nur von Instinkt und nicht von Intellekt sprechen kann, so muß man darüber erstaunen, in welchem Maße bei diesen kleinen Lebewesen ein Sinn ausgebildet ist, der so vielen großen und selbst klugen Tieren, man denke nur an den Elefanten, vollständig fehlt. Ja, es sind Baukünstler, diese kleinen Ameisen!

Die Welt der Technik, Heft Nr. 7 vom 1. April 1911, Seite 122.

XXXVI. Über Wolkenkratzer und vom Woolworth-Gebäude in New York

Von Dipl.-Ing. H. E. Axelrad, Berlin

In den größeren Städten Amerikas begann man vor etwa 30 Jahren von der üblichen Bauweise der Geschäftshäuser abzuweichen, indem man die Zahl der Stockwerke vergrößerte und damit die Baulichkeiten zu ungewöhnlicher Höhe führte. Noch im Jahre 1880 begnügte man sich in Amerika wie bei uns mit 5, höchstens 6 Stockwerken, doch zwang bald die immer mehr wachsende Steigerung der Bodenpreise, die Bauten in die Höhe zu führen.

In allen englischen, amerikanischen und deutschen Städten spielt sich das Geschäftsleben auf einem kleinen Bruchteil der Stadt ab, der in Binnenstädten meist das Zentrum, in Seestädten die Gegend des Hafens ist. Alle großen Geschäfte drängen sich hier zusammen, es reiht sich Verkaufshaus an Verkaufshaus, Bureau stößt an Bureau, eine Menge von Tausenden hastet und flutet bei Tag in Straßen und Gängen, auf Treppen und Aufzügen. Das geflügelte Wort: „Time is money“ findet

seine Bestätigung, wenn man in Europa die Geschäftsviertel von Berlin und Hamburg oder die City von London an Wochentagen gesehen hat, und man muß da erkennen, daß gerade das Zusammendrängen des ganzen Geschäftslebens auf einen möglichst kleinen Raum Vorbedingung für die Entwickelung der Städte ist.

Nicht allein der Kaufmann, der seine Güter vertreibt, kommt hier in Betracht, auch der Ingenieur und Techniker, der Journalist und Rechtsgelehrte ist in die Schar der Geschäftsmänner eingeschlossen.

Und in dem Maße, wie sich das Geschäftsleben verdichtete, wurde die Nachfrage nach Räumen dringender, die Mieten der vorhandenen Gebäude stiegen ins Ungemessene, und der Gedanke, daß nur die Flucht in den offenen Raum — in die Höhe — noch Rettung bringen könnte, wurde zu bald verwirklicht. Auch sprechen in manchen großen Städten vielfach noch örtliche Gründe mit, wie die in New York, der Hauptstadt der neuen Welt. Die Stadt liegt auf einer langen, schmalen Insel, und das ganze geschäftliche Leben spielt sich an dem unteren, der See zu gelegenen Ende ab. Hier sind die Grundstückspreise infolge der erst durch die hohen Bauten möglich gewordenen starken Ausnutzung des Grunds und Bodens derart gestiegen, daß es gar nicht mehr möglich ist, niedrige Häuser zu bauen, da deren Mietserträge nicht einmal zur Deckung der Hypothekenzinsen der Baustelle ausreichen. Der Bodenpreis an dieser Stelle „down town" ist geradezu gewaltig hoch. So wurden z. B. für einen Quadratfuß des Manhattan Life-Gebäudes 157 Doll. oder rund 7000 Mk. pro Quadratmeter, für einen Quadratfuß vom Haus Nr. 141 am Broadway 181 Doll. oder rund 8200 Mk. pro Quadrat-

meter, für einen Quadratfuß des American Surety-Gebäudes 176–286 Doll. oder 8000–13 000 Mk. pro Quadratmeter bezahlt. Die Grundstückspreise für das Gebäude der Metropolitan Versicherungs-Gesellschaft, des Times-, des Singer- und des Bankers Trust-Gebäudes und des größten Baues der Welt, des Woolworth-Gebäudes, sind noch bedeutend höher und übertreffen diejenigen der Bauplätze in der Friedrich- und Leipziger Straße in Berlin in noch weit höherem Maße. Ähnliche Preise herrschen in Chicago und anderen amerikanischen Städten.

In den letzten beiden Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts vollzog sich in den Geschäftszentren Amerikas eine völlige Umwandlung, die das frühere Städtebild veränderte. Aus den 10 Stockwerken wurden bald 12 und 15, und im Jahre 1890 glaubte man, mit 17 Stockwerken die oberste Grenze erreicht zu haben. In Chicago wurde kurz darauf der Masonic-Tempel mit 20 Stockwerken und 83 Meter Höhe begonnen, und im Jahre 1898 entstand in New York das große Park Row-Gebäude, das mit 29 Stockwerken und über 107 Meter Höhe alle bisherigen Bauten in den Schatten stellen sollte. Seit dieser Zeit entstand ein wahres Wettrennen im Bauen dieser Überhäuser, die den allgemeinen Namen „Wolkenkratzer" erhielten. Trotzdem die Mietserträge kaum die Unkosten deckten, entstanden in den letzten Jahren einige dieser Riesenbauten, die den Zweck haben, für den Namen der Firma, den sie tragen, Reklame zu machen. Zu diesen gehört das in der ganzen Welt bekannte Singer Building mit 46 Stockwerken und 187 Meter Höhe, das Haus der Metropolitan Versicherungs-Gesellschaft mit 50 Stockwerken und einer Höhe von

211 Metern. Der Zweck der Gebäude, Reklame zu machen, bringt es mit sich,[1] daß jedes neue Gebäude dieser Art höher als alle früheren gebaut werden mußte, damit es das höchste der Welt ist. Der größte Bau dieser Art, das Woolworth Building, der nachfolgend genau beschrieben wird, ist zurzeit seiner Vollendung entgegen gegangen. Er liegt am Broadway in New York und hat die ansehnliche Höhe von 220 Metern mit insgesamt 55 Stockwerken. Nach Ansicht der amerikanischen Ingenieure ist die größtmögliche Höhe noch nicht erreicht und wird auf 600 Meter angenommen. Die neuesten Wolkenkratzer sind als sogenannte Turmgebäude errichtet, d. h. nur ein Teil des bebauten Grundstückes wird zur höchsten Höhe emporgeführt, wodurch eine bessere Licht- und Luftzuführung erreicht wird. In Amerika sind die Wolkenkratzer in ihrer zweckmäßigen Einrichtung so vervollständigt worden, daß sie niemand mehr missen möchte. Ohne sie wäre heute das Geschäftsleben in New York, Chicago, Philadelphia einfach undenkbar.

Was die konstruktive Durchbildung der Wolkenkratzer betrifft, so sind zwei Perioden zu unterscheiden, und zwar: die bis Ende der achtziger Jahre[2] und die Zweite vom Jahre 1890 bis zum heutigen Tage. Die selbsttragende Mauerwerks- und Eisenkonstruktion (self-supporting masonry and steel construction) gehört in die erste Periode, in der die ersten Anfänge von Gebäuden über 6 Stockwerke liegen. Man griff hier zum Nächstliegenden,[3] indem man die Konstruktionsregel eines gewöhnlichen Gebäudes in Stein auf Gebäude von doppelter und dreifacher Höhe übertrug. Bei dieser Konstruktion war das Mauerwerk Haupttragteil, wäh-

rend das Eisen nur zur gegenseitigen Versteifung der Wände, der Balkenlagen, der Bögen und des Daches, der Umrahmung der Fenster, der Auskragung der Balkone usw. benutzt wurde. Die älteren Gebäude in New York und Chicago entstanden durch diese Bauart, die aber einen großen Nachteil hatte. Dadurch, daß es nötig war, in den unteren Geschossen die Mauerstärken stark zu vergrößern, wurde der verfügbare Bebauungsraum eingeengt. Die Eigenlast des Gebäudes und damit der Druck auf die Fundamente wurde ungemein groß, und man war gezwungen, für die statische Berechnung, nach alten Handwerksregeln vorzugehen. Aus all diesen Gründen war es dringend geboten,[1] eine andere Konstruktion zu wählen, und nach gemachten Erfahrungen kam man zu der heutigen, allgemein gültigen Bauart, zur Skelett- und Fournierkonstruktion (Skeleton and veneer construction). Die schweren Mauerwerksmassen, die bei der ersten Bauart zum Tragen des Mauerwerks nötig waren, wurden durch Gerippe aus Eisen ersetzt, die alle Belastung aufnehmen und sie sicher ins Fundament leiten. Die ganze innere Raumausteilung läßt sich in das Gerippe im selben Material einbauen, während die feuersicheren Verkleidungen in Stein, Ziegel, Terrakotta usw. das ganze Eisengerippe, Innenwände, Balkenlagen und Säulen wie ein Fournier einhüllen.

Die Gerippenkonstruktion ermöglicht einen sehr raschen Aufbau, und wurde darin in Amerika Bewunderungswertes geleistet. Während bei der Ausführung der Gebäude in selbsttragender Mauerwerkskonstruktion ein Jahr und mehr Bauzeit gebraucht wurde, sind für die Eisengerippenkonstruktionen kaum 5–6 Monate nötig.

Ein interessanter Rekord, der als Beispiel für die

schnelle Bauweise des neuen Systems anzusehen ist, wurde im Aufbau des 42stöckigen Bankers Trust-Gebäudes in New York aufgestellt. Mit dem Abriß des 18stöckigen Hauses, das an der Stelle des neuzu-
5 errichtenden[1] stand, wurde am 29. Oktober 1910 begonnen, 45 Tage danach war von demselben nichts mehr zu sehen. Am 15. Juli 1911 wurden die Fundierungsarbeiten begonnen, und bereits am 1. November 1911 wurden die ersten Stahlsäulen in das neue Gebäude
10 eingesetzt. Am 1. Juli 1912 hatte die Eisenkonstruktion ihre Gesamthöhe von 593 Fuß (186 Meter) über dem Fundament erreicht, und am 1. September wurden die Arbeiten in Stein- und Mauerwerk beendet. Die Maurerarbeiten sind mit einer Durchschnittsgeschwin-
15 digkeit von $3\frac{1}{2}$ Etagen pro Woche vorwärts geschritten. Die schnelle Arbeit beruht hauptsächlich auf folgenden drei Punkten:

1. Es wurden sämtliche technischen Bureauarbeiten wie Zeichnungen usw. bis in die kleinsten Details
20 vor dem Beginn des Baues fertiggestellt.
2. Alle Steinarbeiten bis auf das Einschneiden der kleinen Risse, welche die Eisenträger aufnehmen sollen, wurden genau in den Werkstätten zurechtgemacht und auf den Bauplatz gebracht.
25 3. Die bauausführende Firma hat es durch ihre vollkommene Organisation ermöglicht, daß sämtliche Baumaterialien vor dem Einbau pünktlich auf den Bauplatz geschafft wurden.

Eine zweite Aufgabe war Hand in Hand mit dem Bau
30 über 6 Stockwerke hinaus zu lösen, und dies war die Beförderung der Mieter und Besucher in die verschiedenen Höhen. Schon in mehr als 5 Stockwerken wird

das Treppensteigen als große Unannehmlichkeit empfunden, und schon da ist die Einrichtung der Aufzüge zur Notwendigkeit geworden. Bis zu 10, 20, 30 und 50 Stockwerken sind besondere Anlagen notwendig gewesen, und hierin wurde in Amerika, vorwiegend von der Otis Elevator Company, was die Konstruktion, Bedienung und Regelung der Aufzüge anbelangt, geradezu Erstaunliches und Vorzügliches geleistet.

Wenn man in New York auf dem unteren Broadway steht, fällt der Blick nicht ohne Bewunderung auf den gewaltigen Bau des Woolworth-Gebäudes. Er gleicht in seiner Vollendung den Wunderbauten des fernen Ostens, die die Kultur vergangener Völker hervorbrachte und in denen sich der Ehrgeiz ihrer Erbauer, noch nie Dagewesenes zu schaffen und alles Vorhergehende zu überflügeln,[1] wiederspiegelte. Die Neuerscheinung des Turmgebäudes am Horizont New Yorks ist das Werk der Woolworth-Gesellschaft, die Hunderte von 5- und 10-Cent Läden im ganzen Lande besitzt und die den Wolkenkratzer mit einem Kostenaufwand von 80 Millionen Mark erbaute. Das Gebäude erhebt sich auf dem Broadway mit einer Front von 47 m Länge, auf dem Park Place und Barclay Street mit einer Fassadenlänge von je 60 m. Der Turm, worauf sich das Hauptinteresse konzentriert, erhebt sich von der Seite des Broadway zu einer Höhe von 55 Stockwerken und ist 26 m im Quadrat. Der andere Teil des Gebäudes, der die beiden Flügel auf dem Park Place und der Barclay Street einschließt, hat 29 Stockwerke. Die Gesamthöhe des Turmes über Straßenniveau ist 221 m, doch befinden sich unter demselben Geschosse, die eine Tiefe von 37,50 m haben. Es ergibt sich hiernach eine Gesamt-

höhe vom Fundament des Gebäudes bis zur Spitze des Turmes von 258,50 m. Im Gebäude gibt es vier vollständig abgeschlossene Treppen, die von der Straße zum Turm führen und welche durch feuersichere Wände und Drahtglastüren von den Gängen und Bureauräumen getrennt sind. Diese Schächte bieten nicht nur dem Feuer, sondern auch dem Rauch Trotz, so daß beim Ausbruch eines Brandes die Treppen immer gangbar gehalten werden. Bei der Ausführung des Baues sind in weitgehendstem Maße[1] die Fragen der Sicherung gegen Feuer in Betracht gezogen worden und sind zu diesem Zwecke bei den Türen, Fenstern usw. die Rahmen aus Metall hergestellt. Im Erdgeschoß befinden sich Läden und eine Passage, deren Eingänge auf den Broadway, Park Place und Barclay Street führen. Das Gebäude dient lediglich Geschäftszwecken und finden hier Hunderte von großen und kleinen Bureaus ihre Unterkunft. Sind alle Räumlichkeiten vermietet, faßt der Bau 10 000 Menschen. Im 54. Stockwerk wurde eine Sternwarte eingerichtet, während sich auf dem Turm ein elektrischer Scheinwerfer befindet, dessen Licht meilenweit vom Lande und Meere sichtbar ist. Die elektrische Energie für die Fahrstuhlanlagen, für das Licht usw. wird durch zwei 500-, eine 300- und eine 200-K-W-Gleichstrom-Dynamo-Maschine erzeugt, die mit vier Tandem-Compound-Maschinen angetrieben werden. Der Auspuffdampf wird in den Wintermonaten zur Heizung der Räumlichkeiten verwendet.

In einfachen und aufstrebenden Linien steigt das Gebäude vom Straßenniveau empor, und sein Architekt Cass Gilbert hat es verstanden, durch Anwendung der gothischen Stilart und durch die Wahl verschiede-

ner Farben für die Umkleidung, demselben einen durchaus künstlerischen Charakter zu geben. Wie schwierig eine architektonische Ausbildung der Wolkenkratzer ist, kam bei den Bauten des Singer-Gebäudes und des Metropolitan-Turmes zum Ausdruck,[1] die nur durch ihre gewaltigen Höhen, aber nicht durch ihre künstlerische Gestaltung die Aufmerksamkeit auf sich lenken. Je höher man mit den Augen die Linien des Gebäudes verfolgt, desto reicher und schöner werden die gothischen Motive, und unwillkürlich glaubt man sich vor den Kölner Dom[2] oder vor die Notre Dame in Paris versetzt. Die Umkleidung des Eisengerüstes ist beim Woolworth-Gebäude vom 3. Stockwerk an durch Anwendung von Kunststein, sogenannter Terrakotta, vorgenommen worden, der nach dem Urteil der amerikanischen Architekten für derartige Riesenbauten ganz besonders vorteilhaft ist. Die drei unteren Stockwerke sind mit Kalkstein umkleidet. Mit Hilfe verschiedener Farben hat man dem Bau, dessen Fassade infolge seiner großen Höhe an Ausdruck verloren hätte,[3] eine große Plastizität gegeben. Überall, wo die gothischen Steinschnitte hervortreten, wird das Ornament durch einen Hintergrund von einem weichen Ton aus blauen, goldgelben oder grünen Farben hervorgehoben. Für die Fläche zwischen den Fenstern wurde eine im Ton etwas dunklere Terrakotta benutzt, was das Zurücksetzen der Fensterreihen bewirkt und den tragenden Teil hervorhebt. Als Abschluß des Gebäudes hat Architekt Gilbert ein Motiv benutzt, das nicht unnötig weit hinausragt und auch das Emporsteigen des Baues weniger beeinflußt, als das flache Gesimse, das früher bei den Wolkenkratzern angewandt worden ist. Es besteht aus einem von Kon-

solen getragenen kleinen gothischen Dach, das an der Stelle, wo der Turm das Gebäude verläßt, unterbrochen wird, um die freie Fläche desselben nicht zu stören.

Die Nützlichkeit der Wolkenkratzer hängt von der leichten und raschen Zugänglichkeit der oberen Stockwerke ab, und hierbei spielen im wesentlichen die Aufzüge die Hauptrolle. Als bedeutender Faktor für den Bau des Woolworth-Gebäudes verdienen sie eine eingehendere Beschreibung. Es befinden sich da 26 Aufzüge, die von der Otis Elevator Company geliefert wurden und die mit Otis Traktion-Maschinen ausgerüstet sind. Dieselben haben die denkbar einfachste Konstruktion und bestehen im wesentlichen aus einem Motor mit direkt ziehender Triebscheibe und einem Bremskolben, der von zwei Bremsbacken umfaßt wird. Letztere werden durch kräftige Federn angepreßt und können auf elektrischem Wege wieder abgehoben werden. Alle diese Teile sind auf einer schweren, eisernen Grundplatte eng zusammengebaut und nehmen nur geringen Raum ein. Statt des schnell laufenden Motors, der im allgemeinen bei den elektrischen Aufzügen gebraucht wird, ist ein langsamer Nebenschlußmotor verwendet worden, der ausschließlich für die direkt ziehende Aufzugsmaschine konstruiert wurde. Die Ankerwelle, die aus Stahl hergestellt ist und eine hohe Bruchfestigkeit besitzt, hat einen außergewöhnlich großen Durchmesser und dient lediglich als Stütze für die Last; auf ihr sind die Bremsscheibe und die Triebscheibe montiert. Durch die Verwendung des direkten Antriebes und durch die Ausschaltung aller Zwischengetriebe zwischen Motor und dem Antriebsglied erhielt man eine Maschine von großer Leistungsfähigkeit. Für hohe Geschwindigkeiten

wurden früher die Aufzüge für hydraulischen Betrieb eingerichtet, der nun vollkommen durch die Verwendung des langsam laufenden Nebenschlußmotors und den sorgfältig ausgeführten Kontroller verdrängt wurde. Letzterer ist in Verbindung mit dem Motor derart konstruiert, daß das beginnende Verlangsamen der Geschwindigkeit der Kabine unabhängig von der Bremse ist. Diese wird erst erforderlich, wenn die Kabine zum endgültigen Stillstand gebracht werden soll. Der Motor ist derart reguliert, daß eine übermäßige Geschwindigkeit ungeachtet der Belastung in der Kabine verhindert wird. Die Aufzüge sind mit den erdenklich besten Sicherheitsvorrichtungen ausgestattet. Die Kabinen besitzen Fangvorrichtungen, die schon bei den geringsten Dehnungen der Seile in Funktion treten und den Fahrstuhl sofort zum Stehen bringen. Außerdem befinden sich in der Schachtsohle unter der Kabine und dem Gegengewicht je ein Ölpuffer (Patent Otis Oil Cushion Buffer), der beim Abreißen des Gegengewichts oder der Kabine den Stoß des Falles derart vermindert, daß die Personen in dem Fahrkorb nur ein sanftes Anhalten verspüren.

Das Woolworth-Gebäude wird der erste Bau in New York sein, der mit elektrischen Aufzügen ausgerüstet ist, die für eine Geschwindigkeit von 3,5 m/sek.[1] konstruiert sind, die bisher von der New-Yorker Baupolizei nicht zugelassen wurde. — In Anbetracht der immer mehr steigenden Anforderungen für die Bedienung dieser Turmgebäude und der großen Konstruktionssicherheit und Vorzüglichkeit der Maschinen ist die Bewilligung hierfür erteilt worden. Die mit dieser Geschwindigkeit laufenden Aufzüge sind die sechs Turmaufzüge, von denen zwei bis zum 51. Stockwerk, zwei bis zum 46.

Stockwerk und zwei bis zum 40. fahren. — Die andern 20 Hauptaufzüge laufen mit einer Geschwindigkeit von 3,0 m/sek. Die beiden Fahrstühle, die bis zum 51. Stockwerk fahren, haben eine Hubhöhe von 207 m und stellen den größten Hub eines im Betrieb befindlichen Personenaufzuges dar. Um die Bedienung der Aufzüge zu regeln, wurde ein einheitliches System ausgearbeitet. In einem abgeschlossenen Raum im Erdgeschoß befindet sich ein Stockwerkanzeiger, der einem Mann ermöglicht, dem Lauf der verschiedenen Aufzüge zu folgen. Der Anzeiger besteht aus einer Reihe von kleinen Lampen, die mit den verschiedenen Stockwerken übereinstimmen, welche durch den Aufzug bedient werden. Sobald ein Fahrstuhl in einer Etage einfährt, wird er durch Aufflammen der entsprechenden Lampe angezeigt. Der Kontrolleur ist mit dem Führer in der Kabine durch ein Anfahrtsignal, durch ein Telephon und durch ein Sprachrohr verbunden und kann sich jederzeit mit demselben verständigen. Um einen Begriff vom zurückgelegten Weg dieser Fahrstühle zu erhalten, muß man sich vorstellen, daß eine Fahrt zweimal hinauf und herunter eine halbe englische Meile ausmacht.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 8 vom 15. April 1913, Seite 141.

XXXVII. Technischer und wirtschaftlicher Fortschritt

Man ist gewöhnt, wenn man von technischen Fortschritten hört, immer an das letztvergangene und an das jetzige Jahrhundert zu denken, weil zu keiner anderen Zeit diese Fortschritte sich in derartigem Maße und in so rascher Aufeinanderfolge gehäuft hatten. Aber auch

die ältere Technik hat Bedeutendes geleistet, und wenn wir von den wirtschaftlichen Folgen sprechen, welche jede Bereicherung der Technik von selbst auslöst, dann ist es keineswegs erforderlich, daß wir uns nur die wirtschaftlichen und sozialen Änderungen im Zeitalter des Dampfes und der Elektrizität vor Augen halten, denn noch in jedem Zeitalter waren mit der Ausgestaltung der Technik wichtige und bedeutende Änderungen in der sozialen und hauptsächlich in der volkswirtschaftlichen Lage der menschlichen Gesellschaft verknüpft.

Wenn wir uns auch heute kein Bild über das menschliche Leben in der Urzeit[1] machen können, so ist es doch unzweifelhaft, daß keine der so vielfach besprochenen Kulturtaten, nicht die Entdeckung der Dampfkraft oder der Elektrizität, nicht die Erfindung der Maschinen, eine so tief einschneidende Wirkung gehabt haben kann, wie vor ungezählten Jahrtausenden die erste Großtat der Technik, die Entdeckung des Feuers, die Begründung der menschlichen Herrschaft über diese freie Tochter der Natur.[2] Es war förmlich ein neues Menschengeschlecht entstanden, als der Mensch aufhörte, rohes Fleisch mit den Zähnen zu zerreißen und rohe Feldfrüchte zu verzehren, und gelernt hatte, das Fleisch vor dem Genusse zu kochen oder zu braten und Brot zu backen.

Wie lange diese Urzeit gedauert hat, wissen wir nicht, und in welchen Formen sich das menschliche Leben damals abspielte, wissen wir auch nicht; es wird zu jener Zeit nur kleine, schwache, unstät umherwandernde Horden gegeben haben[3] mit schlechter und unsicherer Ernährung, aber die erste Stufe auf der Leiter, die den Menschen allmählich zur Kultur emporführen sollte,

war erklommen, und dieser erste Schritt war ermöglicht durch die Entdeckung des Feuers.

Und es kam die zweite Periode, die des seßhaften Ackerbaues; es werden Werkzeuge aus Bronze und dann aus Eisen hergestellt, der Mensch lernt die Tierzähmung, er spannt den Ochsen oder das Pferd vor den Pflug, er schafft den Ackerbau, und in den weiten Ebenen Vorderasiens bilden sich Volksanhäufungen, die sich zu Staatsgebilden umgestalten. Es war dies ein riesenhafter Fortschritt gegenüber der Vorzeit, es war aber auch eine ganz neue Technik erstanden, die das Alles [1] ermöglichte. Sie lehrte genaue Zeichnungen und Pläne für Haus- und Tempelbauten machen, sie lehrte die Landvermessung durchführen, den Ziegelstein formen, den Stein behauen, das Werkzeug schaffen und schärfen. So entstanden die alten Kulturen der asiatischen Völker und die des Volkes am Nildelta, die der Griechen und Römer, später die der Araber, der Romanen und Germanen bis tief in das 16. Jahrhundert. Aber alle diese Völker wirtschaften sehr sparsam mit den übernommenen Elementen der Technik, nur langsam fügen sie Steinchen auf Steinchen, wie bei einem Mosaikbilde. Man kann nicht von einem System technischer Wissenschaft sprechen, es ist vielmehr ein System der Routine, der persönlichen Meisterschaft, das aber doch große Epochen in Kunst und Gewerbe ermöglichte und manche Städte und auch Staaten zur wirtschaftlichen Blüte brachte. Diese Epoche dürfte an 6000 Jahre gedauert haben. Ihre Anfänge können wohl ins fünfte Jahrtausend v. Chr. zurück versetzt werden, ihr Ausgang fällt ins 16. Jahrhundert nach Chr. Es entwickelt sich der Austausch zwischen Stadt

und Land auf dem Markt, ein nicht unerheblicher Schiffsverkehr im Mittelmeer, in der Nord- und Ostsee, zum Teil auch im Weltmeer. Wo in dieser Epoche hervorragende politische oder technische Leistungen vorkommen, beruhen sie auf der Unterwerfung der Masse unter militärische oder priesterliche Gewalt, früher auf Sklaverei und Frondienst, später auf Hörigkeit. Der Frondienst hatte die Erbauung der Pyramiden und der Riesentempel, die Sklaverei die Herstellung der römischen Straßen- und Wasserbauten und Riesengebäude ermöglicht, die wir heute noch in ihren Trümmern anstaunen. Die unteren Klassen der Bevölkerung sind entrechtet, nur wenige Menschen können lesen und schreiben, Kunst und Wissenschaft sind ihnen völlig fremd.

Aber trotz alledem hatte sich die wirtschaftliche Lage auch der unteren Klassen gegen früher[1] nicht unwesentlich verbessert. Hatte doch auch die Technik, zwar nur langsam und meist wenig beachtet, aber doch immerhin große und bedeutende Fortschritte gemacht. In dieser Periode wird die Wasserkraft zuerst benützt, macht das Berg- und Hüttenwesen Fortschritte, wird der Kompaß erfunden, wird die physikalische und auch chemische Wissenschaft begründet. Und als gegen das Ende dieser Epoche der Buchdruck und die Druckmaschine erfunden werden und damit ein ganz neues Mittel der Menschenverbindung geschaffen wird, ist damit der Auftakt gegeben für die Symphonie der zusammen wirkenden Natur- und menschlichen Geisteskräfte.[2] Es beginnt das naturwissenschaftliche Zeitalter, eingeleitet von Leonardo da Vinci[3] und Galilei, denen später Huygens, Euler, d'Alembert und noch andere folgten; Galvani und Volta, Gauß und Weber,

Faraday und, der Reihenfolge, aber nicht der Bedeutung nach der letzte, Werner von Siemens eröffnen der Welt das Geheimnis der Elektrizität. Und neue Kräfte, früher nicht gekannt, bieten sich dem Menschen dar, und mit dem Rüstzeug der neu gewonnenen Naturerkenntnis geht die Technik mit früher ungewohnter Energie an die Arbeit und sie liefert der Gesellschaft Maschinen der verschiedensten Art und hilft die Produktivkräfte ins Ungemessene vermehren. Sie ermöglicht aber auch, und darin liegt gleichfalls ein nicht kleiner Teil ihres Verdienstes, daß die Wissenschaft, die früher ausschließlicher Besitz des Gelehrten war, auch in breite Bevölkerungsschichten dringt.

Selbstverständlich ist hierdurch eine kolossale Steigerung der wirtschaftlichen Produktion erreicht worden, und man bemüht sich schon seit langer Zeit durch Zahlenberechnungen, sich von dem Grade dieser Steige-
[illegible] eine klare Vorstellung zu machen. So hat z. B.
[illegible] Chevalier im Jahre 1855 berechnet, daß bei
[illegible] Mehlbereitung ein Mann jetzt soviel leisten könne,
[illegible] Männer zu Homers Zeiten, bei der Eisenproduk-
[illegible] als im Jahre 1555, also drei Jahrhunderte
[illegible] Männer leisten konnten, bei der Baumwoll-
[illegible] sich die Leistung gegen das Jahr 1755,
[illegible] gar versiebenhundertfacht
[illegible] diese Einzelbeispiele ver-
[illegible] sich bemüht, den technischen
[illegible] erscheinen zu lassen, als
[illegible] seine Einwirkung auf die allge-
[illegible] noch viel glänzender hinzustellen,
[illegible] Verhältnissen entspricht. Sie
[illegible] produktionsfähigkeit 30, 144, ja 700 mal

größer geworden ist als früher, ist auch das Vermögen um das 30, 144, ja 700 fache gestiegen gegen frühere Zeiten. Wie soll man sich da verhalten, wie läßt sich der wirkliche Einfluß der technischen Fortschritte auf die Mehrung des Weltvermögens abschätzen? Mit welchen Faktoren muß, kann und soll man da rechnen?

Sicher ist, daß auf allen Wirtschaftsgebieten Fortschritte durch die Maschine stattgefunden haben, aber der Grad des Fortschrittes ist doch ein verschiedener. Nehmen wir das wichtigste Mittel der modernen Technik, die Kraft- und Arbeitsmaschine, was leistet sie der menschlichen Kraft gegenüber?

Die Maschine wird durch verhältnismäßig billige Kohle, durch eine seit Jahrtausende aufgestapelte, chemisch gebundene Arbeitsenergie zur Leistung gebracht, der Mensch muß durch Brot, Fleisch und andere Nahrungsmittel, die nur der Moment bietet, erhalten werden. Die Maschine ist aber ein Automat, sie kann nur eine einfache, sich gleichmäßig wiederholende Bewegung ausführen, diese allerdings mit großer Kraft und Schnelligkeit, mit Präzision und Unermüdlichkeit, alles dieses fehlt dem Menschen; dafür aber hat er Augen und Ohren, Vernunft und außerdem auch Geist und Kenntnisse. Für einen gewissen Teil der Arbeit muß also immer der Mensch eintreten, besonders dann, wenn er die Arbeit sich stets ändernden Zielen anpassen muß; denn das kann die Maschine nicht. Deshalb gibt es Gebiete, auf denen die Maschine die höchsten Triumphe feiert, z. B. auf dem Gebiete des Verkehrswesens, in der Eisenindustrie, in der Müllerei, in der Textilindustrie. Im Verkehr ist es soweit gekommen, daß heute die Beförderung einer Gewichtsmasse 50 bis 150 mal billiger

kommt, als vor Einführung der Dampfbahnen. In der Textilindustrie wird die Maschine bei hundert verschiedenen Vorgängen verwendet, beim Spinnen, beim Weben, beim Rauhen, beim Pressen usw. Aber bei vielen andern Vorgängen kann wieder die menschliche Arbeit nicht entbehrt werden, bei der Schafschur, bei der Kokonerzeugung, beim Baumwollbau u. a. Geradezu revolutionierend hat die Maschine auf das Bergwesen gewirkt; die Kohle, die Erze werden mit Maschinenkraft gehoben, versendet, geschichtet. Aber die Hauptarbeit des Kohlenhäuers ist heute dieselbe Arbeit wie vor Jahrhunderten und wird stets dieselbe bleiben, sie kann nicht mechanisiert werden. In der Forst-, in der Landwirtschaft leistet die Maschine heute hervorragende Dienste, die Hauptarbeit bleibt aber heute noch dem Menschen überlassen, wie vor zweitausend Jahren, und wie es wahrscheinlich auch in zweitausend folgenden Jahren sein wird. Im Handel, im Geschäft bedient man sich heute bereits unzähliger Maschinen, der Schreib-, der Rechen-, der Pack-, der Geldsortierungs-, der Registrier-, der Briefverschluß- und Brieföffnungsmaschine usw., aber die Hauptsache muß der Mensch nach wie früher leisten. Im Bauwesen sehen wir neuartige Krane und Hebe- und anderweitige Maschinen in Tätigkeit, die menschliche Arbeit ist aber dadurch nur zum kleinen Teil ausgeschaltet. Und noch ein weiterer Umstand kommt dazu, der in Betracht gezogen werden muß, die Arbeitsleistung ist durch die Maschine zwar vermehrt, verbilligt, vereinfacht worden, aber es gibt Produktionen, wo für die Steigerung der Produktion wieder große Auslagen gemacht werden müssen. Zum Beispiel bei der Produktion von Erz und Kohlen. Die Lager sind

räumlich beschränkt, will man mehr Produkt erzielen, muß man in die Tiefe steigen und das steigert die Kosten, erfordert mehr Kapital, mehr Arbeit, die doch auch bezahlt werden muß. Es ist gelungen, den Ertrag der Landwirtschaft in Europa durchschnittlich seit hundert Jahren zu verdoppeln, aber diese Vermehrung des Bodenertrages erforderte, da doch die Oberfläche der Erde sich nicht erweiterte, einen Mehraufwand an Arbeit und Kapital. Der Wert der Geschäfte hat sich in der Stadt vergrößert, aber die Miete und alle Auslagen haben sich in entsprechender Weise vergrößert und vermehrt. Der Verkehr ist ins Gewaltige gewachsen, aber man muß, um ihn bewältigen zu können, neue Straßen anlegen, die bestehenden erweitern und vergrößern, kurz, überall sehen wir, wie die Technik neue Werte schafft, aber nur zu erhöhten Kosten. Eine Folge davon ist, daß — sich nicht alle Erzeugnisse derart verbilligt haben, als man nach der größeren Produktionstätigkeit annehmen sollte. Die Statistiker, die mit Hilfe ihrer Zahlen und Ziffern das Gras wachsen hören, haben herausgefunden, daß bei Überprüfung des Ausgabenbudgets eines Arbeiters oder kleinen Beamten oder kleinen Gewerbemannes oder überhaupt eines Mannes mit beschränktem Einkommen nur ein kleiner Bruchteil der zum Leben erforderlichen Waren sich verbilligt haben, etwa 20 bis 40 Prozent, während reichlich 60 bis 80 Prozent dieser Waren im Preise gegen früher gleich geblieben sind oder sich erhöht haben.

Daraus schon sehen wir, daß es nicht richtig sein kann, wenn man behauptet, daß wir gegen früher um das mehrhundertfache reicher geworden sind, und daß die Lehrmeinung der Sozialisten, bei gerechterer Verteilung

der Güter könnte jeder Mensch bei einer Arbeitsleistung von zwei bis höchstens vier Stunden täglich herrlich und in Freuden leben, irrig ist. Wir finden, daß heute trotz der großen Fortschritte der Technik der weitaus überwiegende Teil der Menschen fleißiger, atemloser, angespannter arbeiten muß als früher, und daß die Zahl der nur genießenden, nichts schaffenden, gänzlich untätigen Menschen heute verschwindend klein ist und im Verhältnis zur Allgemeinheit jedenfalls viel kleiner als in vergangenen Tagen.

Man geht also gewiß zu weit, wenn man behaupten will, die technische Revolution habe alle Menschen wohlhabend gemacht, und noch fraglicher ist, ob sie die Menschen im Durchschnitt glücklicher gemacht hat. Wohl haben sich die Genußmittel vermehrt, wohl sind heute auch einem weniger bemittelten Manne Bequemlichkeiten zugänglich, die in früheren Zeiten sich auch ein Reicher nicht verschaffen konnte, aber es haben sich auch das Ringen und Kämpfen und die Sorgen vermehrt.

Eines[1] hat der Siegeszug der Technik unstreitig bewirkt, die Schichten der Wohlhabenden sind stärker geworden, und die der Gebildeten auch. Heute verfügt in den Kulturländern fast jeder Mensch über ein nicht unbeträchtliches Maß von Schulbildung, die über das Maß der Bildung hinaus reicht, welche noch vor hundert Jahren so manchem Mitgliede des guten Bürger- und selbst des Adelstandes zu eigen war. Es stehen heute jedermann gute Straßen und Verkehrsmittel, Literatur und Presse, Schulen und Unterrichtsanstalten, Bibliotheken und Theater zur Verfügung, und, was für alles eine der hauptsächlichsten Voraussetzungen ist, es leben heute 600 bis 1500 Menschen auf der Quadrat-

meile,[1] wo früher 100 bis 500 Menschen gelebt hatten. Heute gibt es Großstaaten mit einer Bevölkerung von 30 Millionen bis 100 Millionen Menschen und diese Großstaaten rivalisieren im Welthandel mit einander, und dieser Handel bringt wieder alle Menschen der Erde in wirtschaftliche und geistige Verbindung mit einander.

Ob wir alle diese Kultursiege ausschließlich der Technik verdanken, wollen wir hier nicht untersuchen, sicher aber ist, daß sie viel dazu beigetragen hat, daß die Staats- und Gesellschaftsordnung verbessert, daß Verbindungen zwischen Ortschaften, Ländern, Völkern und Erdteilen geschaffen wurden, und daß sich hierdurch Aussichten auf eine Verbesserung der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse und Institutionen eröffneten.

Daß die Technik den wirtschaftlichen Unternehmungen der Neuzeit ihren Stempel aufgedrückt hat, ist bekannt, war es doch die Technik, welche die Großunternehmung, die moderne Fabrik, die gewaltige Massenproduktion, den Welthandel schuf und ermöglichte. Die Hausindustrie, das Handwerk verlieren immer mehr an Boden, selbst der bodenständige Bauernstand wird bedroht. In Deutschland ist er durch den staatlichen Schutz, durch agrarische Gesetze noch für eine Zeitlang geschützt, und der Übergang in eine neue Zeit mit modernen Anforderungen und neuen Postulaten gestaltet sich wenigstens allmählich.

Durch die neuen industriellen Formen, welche die Technik geschaffen hat, war ein neuer früher nicht gekannter Stand emporgekommen, der des Fabrikarbeiters, der, am Anfange der neuen Verhältnisse ungewohnt, ungebührlich ausgenützt wurde, der im Verhältnis zum Unternehmer fast ein Höriger war, zwar nicht durch ein

Gesetz, aber durch die Verhältnisse an die Scholle gebunden, von der ihm ein Entfernen nur sehr schwer möglich war. Bald aber bäumt sich auch der Fabrikarbeiter auf, er verlangt besseren Lohn, bessere Arbeitsverhältnisse, die ihm auch von einem vernünftigen Unternehmertum bewilligt werden.

Erfreulich ist das Bild nicht, welches die Ausgestaltung der neuen Erwerbsformen bietet. Nirgends Ruhe, nirgends Harmonie, überall Ringen, Kämpfen, Siegen und Besiegtwerden, Unterjochen und Unterworfensein, großer Luxus auf der einen, nicht selten Not und Mangel auf der andern Seite und Klassenkämpfe aller Arten auf allen Seiten und an allen Orten. Aber es hat noch nie eine Zeit gegeben, zu der große technische und wirtschaftliche Fortschritte ohne solche Schwankungen und Krisen sich vollzogen hätten. Immer sind solchen Kampfzeiten Perioden[1] der Ruhe nachgefolgt. Es ist zu hoffen, daß aus dem chaotischen Ringen unserer Zeit Neubildungen entstehen, welche wieder friedliche und ruhige Zeitläufe mit sich bringen werden.

Das Zeitalter der vorgeschrittenen Maschinentechnik hat der Menschheit ein viel besseres und schöneres Wohnhaus gebaut, als ihr früher beschieden war, die Menschheit versteht nur noch nicht, es zu benutzen. Die einzelnen Parteien, die einzelnen Klassen streiten sich noch um die einzelnen Zimmer herum. Es wird wohl bald die Zeit kommen, und sie muß kommen, daß diese Streitigkeiten beendet und geschlichtet sind, und daß eine richtige Benutzungsordnung dieses Hauses gefunden sein wird.

[1] *Die Welt der Technik*, Heft Nr. 15 vom 1. Aug. 1911, Seite 282.

ELEKTRIZITÄT

XXXVIII. Vortrag über die Elektrizität

Erzeugung der Elektrizität durch Reibung

Hier lege ich Ihnen ein Stück Bernstein vor. Das ist, wie Sie wissen, vorweltliches Harz. Ich lege es auf die Schale einer sehr empfindlichen chemischen Wage und schütte auf die andere Schale so lange Sand, bis die Wage genau im Gleichgewicht ist. Nun nehme ich den Bernstein und reibe ihn an einem Stück Katzenfell — Sie sehen, diese auf dem Tisch liegenden kleinen Papierschnitzen werden stark angezogen! Was ist mit dem Bernstein geschehen? Ich reibe ihn nochmals und lege ihn wieder auf die Wage — — nicht die geringste Änderung des Gewichts ist eingetreten, mithin hat der Bernstein keinen wägbaren Stoff aufgenommen oder abgegeben, er hat nur — ohne im übrigen seine Eigenschaften zu ändern — einen neuen Zustand angenommen! Wir legen das Stück Bernstein beiseite — nach kurzer Zeit ist seine Anziehungskraft merklich schwächer geworden und hört bald ganz auf.

Welcher Art ist dieser vorübergehende Zustand des Bernsteins? Das zu untersuchen soll nun unsere Aufgabe sein.

Geschichtliches

Die Eigenschaft des geriebenen Bernsteins, leichte Körper anzuziehen, war schon 600 v. Ch. den alten Griechen bekannt. Sie nannten den Bernstein: „Elektron".

Aber mehr als zwei Jahrtausende galten die Versuche, die man anstellte, für eine belustigende Spielerei. Erst um 1600 n. Ch. versuchte der englische Physiker Gilbert[1] verschiedene Körper durch gegenseitiges Reiben auf ihre Anziehungskraft zu prüfen und fand, daß viele Körper, wie Schwefel, Glas u. a. dieselbe Eigenschaft zeigen, die er dem Bernstein zu Ehren „Bernsteinkraft" oder „elektrische Kraft" nannte. Seitdem ist das Wort „Elektrizität" als Bezeichnung für die Ursache dieser Eigenschaft gebräuchlich.* Bei weiteren Versuchen kam er zu auffallenden, weil widersprechenden Resultaten, die ihrerzeit Aufsehen machten, aber dennoch verging noch ein Jahrhundert, bis (zu Anfang des XVIII. Jahrhunderts) die Gelehrten den elektrischen Erscheinungen ihre volle Aufmerksamkeit zuwandten. Nun folgten die Entdeckungen immer rascher aufeinander, lawinenartig vergrößerte sich von Jahrzehnt zu Jahrzehnt die Zahl der Forscher und Experimentatoren, und als gar in unserem Jahrhundert mehrere praktische Erfindungen von weitgehendster Bedeutung (elektrisches Licht, Galvanoplastik, Telegraphie, Telephonie), auf diesem Gebiete gemacht wurden, da errang sich die Elektrizität eine so hervorragende Stellung, daß besonders das letzte Viertel des

* Der Name „Elektrizität" (Bernsteinkraft) ist von Gilbert (geb. 1540 in Colchester, † 1603 in London) aufgebracht worden. In seinem Werke: *De Magnete, magneticisque corporibus et de magno magnete tellure Physiologia nova* (London 1600)· kommt folgende Stelle vor: „Vim illam electricam nobis placet appellare, quae ab humore provenit". (Diese Kraft, welche aus dem Feuchten stammt, wollen wir die elektrische nennen.) — Da dieses Werk die ersten wissenschaftlichen· Versuche über Elektrizität enthält, so konnten wir im Jahre 1900 die dreihundertjährige Feier der eigentlichen Entdeckung der Elektrizität begehen.

XIX. Jahrhunderts füglich das Zeitalter der Elektrizität genannt werden kann.

Wir wollen uns nun mit den elektrischen Erscheinungen bekannt machen und dabei — soweit es angeht — der historischen Entwickelung folgen. Wenn wir dann auch zu Schlüssen kommen sollten, welche sich bei weiteren Versuchen als unhaltbar erweisen, so haben wir im Geiste die ersten Forscher auf ihren Irrwegen begleitet und werden die Schwierigkeiten ermessen lernen, welche jene ersten Pioniere zu überwinden hatten, die keine Zeit und keine Mühe scheuten, um die Naturgesetze zu erforschen.

Eigenschaften elektrisierter Körper

Nach dieser Abschweifung, welche Ziel und Richtung unserer gemeinsamen Forschung andeuten sollte, kehren wir zu unserem ersten Versuche zurück, nur wollen wir uns statt des Bernsteins dieses bequemeren und stärker wirkenden Stabes aus englischem Flintglase[1] bedienen. Zum Reiben benutzen wir amalgamiertes * Leder.

Ich reibe den Flintglasstab mit der amalgamierten Seite des Leders und nähere ihn den von uns benutzten Papierschnitzeln — schon aus der Entfernung von etwa 25 cm werden diese stark angezogen und sofort wieder abgeschleudert. Ich elektrisiere den Stab von neuem und

* Das für elektrische Versuche gebräuchliche Amalgam ist eine Legierung von 2 Gewichtsteilen (erhitztem) Quecksilber mit 1 Teil Zinn und 1 Teil Zink. Die harte grobkörnige Masse wird in einem steinernen oder eisernen Mörser zerstoßen und auf einen Lederlappen gestrichen, der vorher schwach mit Talg eingerieben worden ist. Das amalgamierte Leder ist am wirksamsten, wenn das Fett sich bereits ins Leder eingezogen hat und, durch den Gebrauch, die nicht am Leder haftenden Amalgamstückchen abgerieben sind.

nähere ihm den Knöchel meines gekrümmten Zeigefingers — bereits in 4 – 5 cm Abstand hören Sie ein Knistern und würden im Dunkeln kleine Funken überschlagen sehen. Auf diesem Brettchen sehen Sie einige längliche Stückchen aus Aluminiumblatt (feinster Aluminiumfolie). Ich werfe dieselben in die Luft und nähere den elektrisierten Glasstab — fast alle diese glitzernden Metallblättchen eilen zum Stabe, um nach der Berührung weit fortgeschleudert zu werden. Ich gehe mit dem Glasstabe den Blättchen nach — sie fliehen den Stab; so kann ich diese Blättchen mit dem Stabe beliebig treiben, wie Schmetterlinge flattern sie auf einen Wink meines Zauberstabes auf und nieder.

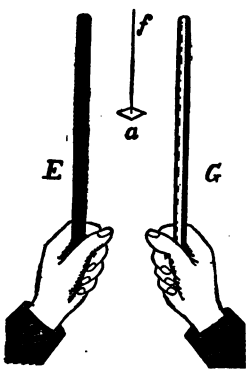


FIG. 1.
Elektrische Anziehung und Abstoßung

Jetzt reibe ich diesen (schwarzen) Ebonitstab mit einem Fuchsschwanz. Die Wirkung auf die Papierschnitzel, den genäherten Finger und die Metallblättchen ist dieselbe, nur etwas schwächer.

Von einer an der Decke befestigten Holzleiste hängt ein Kokonfaden herab, an dem ein rautenförmiges Stück Aluminiumfolie geklebt ist. Nun elektrisiere ich beide Stäbe von neuem und nähere sie in paralleler Stellung dem Aluminiumblättchen (Fig. 1). Sie sehen, beide Stäbe ziehen wieder das Blättchen an, um es wieder zurückzustoßen, aber — das vom Glasstabe abgestoßene Blättchen eilt geradenwegs zum Ebonitstabe und umgekehrt, so daß das Blättchen hin- und herpendelt. Allmählich

nimmt die Lebhaftigkeit der Bewegung ab und nach einiger Zeit hört die Wirkung der Stäbe auf.

Wie sollen wir uns diese Erscheinungen deuten?

Da die losen Papierschnitzel und Metallblättchen sich schlecht zur Prüfung eignen, so nehme ich das elektrische Pendel zu Hilfe. Es besteht aus 2 Kugeln (von etwa 3 cm Durchmesser) aus dem leichten Mark des Stengels der Sonnenblume, welche vermittelst Seidenfäden an die drehbaren Arme des Gestells befestigt sind (*A*, Fig. 2). (Warum Seidenfäden gewählt sind, wird uns bald klar werden.)

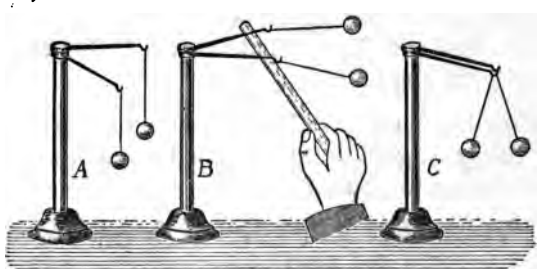


FIG. 2.
Elektrisches Pendel bekannter Konstruktion. 1/10 natürl.Größe[1]

Ich nähere den elektrisierten Glasstab den Pendeln: die Kugeln werden angezogen und nach der Berührung so stark abgestoßen, daß sie beim Nachrücken des Stabes über diesem zu schweben scheinen, wobei sich die Fäden fast horizontal ausstrecken (*B*, Fig. 2). Entferne ich nun den Stab, so senken sich die Kugeln wieder, berühren sich aber nicht, auch wenn die Arme des Gestells so gedreht werden, daß die Aufhängepunkte der Fäden zusammenfallen (*C*, Fig. 2). Offenbar findet jetzt zwischen beiden Kugeln eine ebensolche Abstoßung statt, wie

zwischen dem Stabe und den von ihm elektrisierten Kugeln (*B*, Fig. 2). In diesem Zustande ist das elektrische Pendel geladen.

Nun berühre ich die eine Kugel mit der Hand. Schon bei der bloßen Annäherung übt meine unelektrische Hand eine deutliche Anziehung auf die elektrisierten Pendel aus, wie vorhin der elektrische Stab auf die noch unelektrischen Kugeln. Bei weiterer Annäherung der Hand berührt die Kugel dieselbe, fällt zurück und wird jetzt von der noch elektrischen zweiten Kugel angezogen und wieder abgestoßen, aber bedeutend schwächer als das erste Mal. Ich wiederhole den Versuch und wiederum ist die abstoßende Kraft verkleinert, d. h. ihre elektrische Ladung hat abgenommen.

Wiederholen wir [1] die Versuche mit dem Ebonitstabe. Der Erfolg ist ganz derselbe. Wir können jetzt folgende Erfahrungssätze zusammenstellen:

1. Unelektrische Körper werden von elektrischen angezogen und umgekehrt.
2. Durch Berührung elektrischer Körper mit unelektrischen können diese auch elektrisch werden, und zwar auf Kosten der Ladung ersterer.
3. Zwei Körper, von denen der eine durch Berührung mit dem anderen elektrisch geworden ist, stoßen sich ab.
4. Durch Berührung mit der Hand können elektrische Körper entladen (d. h. unelektrisch gemacht) werden.

Bis auf das eigentümliche Verhalten des Metallblättchens, welches zwischen dem Glas- und dem Ebonitstabe hin- und herflog, haben wir alle bisher beobachteten

Erscheinungen auf bestimmte Erfahrungssätze zurückgeführt. Die Lösung dieses Rätsels müssen wir noch hinausschieben, bis wir untersucht haben, wie andere Körper sich beim Reiben verhalten.

ELEKTRISIERBARKEIT UND LEITUNGSFÄHIGKEIT DER KÖRPER

Hier sehen Sie eine Anzahl Stäbe und Platten aus verschiedenem Material. Ich nehme zuerst eine Harzstange (Siegellack) und reibe sie mit einem Fuchsschwanz. Die Kugeln des wieder unelektrisch gemachten Pendels werden stark, d. h. aus einiger Entfernung angezogen. Dasselbe beobachten wir bei einem Stück Schwefel und bei einer Glimmerplatte. Dagegen schwach, d. h. nur in der nächsten Nähe von den Kugeln merkbar, ist die Wirkung bei Fischbein, lufttrockenem Holz und Papier, Knochen u.s.w.; endlich ganz unmerklich bei allen Metallstäben und einem Stück Speckstein. — (Glasstäbe verhalten sich sehr verschieden, einige werden gut, andere fast gar nicht elektrisch u.s.w.). Wir können mithin die untersuchten Körper in elektrisch werdende und in nicht elektrisch werdende, oder kurz: in elektrische und unelektrische Körper einteilen (Gilbert, 1600). Sehen wir zu, ob diese Einteilung sich bewährt!

Ein in vielen Fällen bequemeres Hilfsmittel, als das elektrische Pendel ist das Elektroskop (d. h. Elektrizitätsprüfer) von welchem ich Ihnen zwei sehr einfache, aber für unseren Zweck brauchbare vorlege. Sie haben vor den sonst gebräuchlichen den Vorzug, daß die Stellung der Blättchen weiter sichtbar ist und daß sie auch bei starken elektrischen Ladungen nicht verderben.

Sie sehen hier (Fig. 3) zwei breite Glasflaschen, deren abgesprengter Boden durch eine (mit umgebogenem

Rande versehene) Metallplatte ersetzt ist. Oben sind die Flaschen durch einen Ebonitpfropf mit Bernsteinröhre geschlossen, durch die ein polierter vernickelter Messingstab geführt ist, an welchen oben eine größere (vernickelte) Kugel aufgeschraubt ist. Diese hat eine seitliche Bohrung zum Einstellen dicker Drähte. An diesen Leitungsstab sind im Innern der Flasche zwei kleine Bügel aus feinem glattem Neusilberdraht befestigt, und an diese sind zwei Streifen aus rotem Seidenpapier angehängt, die sich leicht in den Bügel drehen können. Am unteren Ende tragen die schmalen Papierblättchen eine rechtwinklig umgebogene Verbreiterung, welche es gestattet, die Stellung der Blättchen aus größerer Entfernung zu erkennen.

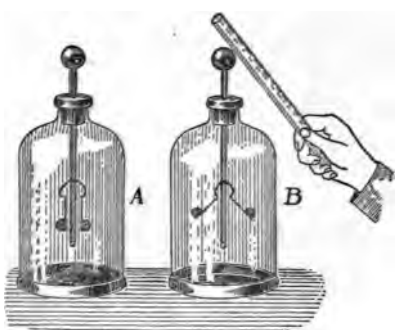


FIG. 3.
Papier-Elektroskope. 1/7 natürl. Größe

Ich berühre den Kopf (die Kugel) des einen Elektroskopes mit dem elektrisierten Glasstabe — Sie sehen die Blättchen auseinandergehen (*B*, Fig. 3), und auch nach Entfernung des Glasstabes ihre Stellung beibehalten. Das Elektroskop ist geladen.

Berühre ich nun den Kopf oder den Ableitungsdraht mit dem Finger, so fallen die Blättchen sofort zusammen. Ganz dasselbe geschieht, wenn ich Stäbe aus Metall, feuchtem Holz oder Speckstein an dem einen Ende fasse und mit dem anderen Ende das Elektroskop (wie oben)

berühre. — Jetzt berühre ich das wieder geladene Elektroskop mit einem Fischbeinstäbchen — die Blättchen senken sich langsam! Dasselbe geschieht bei einer Berührung mit lufttrockenem Holz, Papier u.s.w. — Berühre ich dagegen das geladene Elektroskop mit einem unelektrischen Ebonitstäbchen, so tritt keine Wirkung ein! Dasselbe ist der Fall bei einer Siegellackstange, einem Streifen Glimmer, Seidenfäden u. a.

Zur Kontrolle wollen wir den Versuch in etwas abgeänderter Form wiederholen.

Ich lege auf die in entsprechende Löcher der Kugeln gesteckten Häkchen a_1 und a_2 (Fig. 4) ein Metallstäbchen (m) und elektrisiere das eine Elektroskop (A) durch Berührung mit dem elektrischen Stabe. Sie sehen — in demselben Augenblick sind beide Elektroskope geladen und zeigen nach Entfernung des Stabes einen gleich großen Ausschlag der Blättchen. Diesen Ausschlag bezeichnet man auch als Divergenz. Ich kann hierbei den Verbindungsdraht (m) aus beliebigem Metall und so lang nehmen, als ich will.

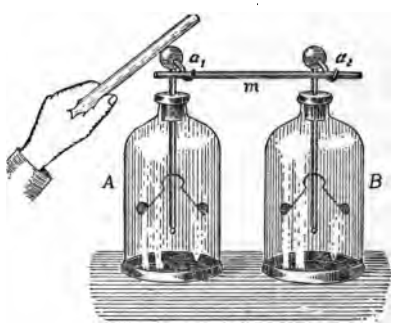


FIG. 4.
Demonstration der Leitungsfähigkeit fester Körper

Von zwei Holzleisten, die parallel zum Experimentiertisch an der Decke befestigt sind, hangen einige starke Seidenfäden herab, welche kleine Drahthaken tragen. Ich nehme einen gegen 12 Meter langen feinen Draht, befestige

das eine Ende an dem Leitungsstabe des einen Elektroskopes und führe den Draht längs den isolierten Haken über die ganze Länge des Tisches und zurück zum zweiten Elektroskop, das ganz nahe beim ersten steht, so daß Sie beide im Auge behalten können. Nun lade ich das eine Elektroskop — — Sie sehen, wie in demselben Momente auch das andere ausschlägt und dieselbe Größe der Ladung zeigt.

Hieraus erkennen wir, daß Metalle in unmeßbar kurzer Zeit die Elektrizität von einem Elektroskop auf das andere fortgeleitet haben. Wir nennen daher die Metalle gute Leiter der Elektrizität. Zu den guten Leitern gehört auch der Speckstein.

Jetzt ersetze ich das Metallstäbchen (*m*, Fig. 4) durch ein ebensolanges Fischbeinstäbchen und lade das Elektroskop *A* wie vorhin — das Elektroskop *B* wird langsam geladen und erreicht nicht ganz den Ausschlag des Elektroskopes *A*. Derselbe Erfolg tritt ein, wenn ich statt des Fischbeinstäbchens einen zusammengerollten Papierstreifen oder ein Stück trockenes Holz verwende.

Wende ich längere Stäbe aus diesen Materialien an, so dauert es länger, bis das Elektroskop *B* geladen wird und der maximale Ausschlag, den es zeigt, wird kleiner. Hieraus folgt, daß Fischbein, trockenes Holz u.s.w. schlechte Leiter (Halbleiter) der Elektrizität sind.

Verbinde ich endlich beide Elektroskope durch ein Stäbchen aus Ebonit, Siegellack, Flintglas, einem Streifen Glimmer, Seidenfäden u.s.w., so erfolgt gar keine Ladung des Elektroskopes *B*, d. h. diese Stoffe sind Nichtleiter oder Isolatoren * der Elektrizität.

* Vollkommene Isolatoren gibt es nicht, doch ist die Leitungsfähigkeit der von uns so genannten Stoffe so gering, daß wir dieselbe

Ein eigentümliches Verhalten zeigt gewöhnliches Glas. Einige Sorten isolieren recht gut (hierzu gehören manche grünen Flaschen), andere leiten besser als Fischbein. Wir kommen hierauf später zurück.

Wir erkennen jetzt, daß die von Gilbert „elektrisch" genannten Körper die Isolatoren sind. Wie steht es aber nun mit der Elektrisierbarkeit der Leiter?

Elektrizität von Reiber und Reibzeug

Sie sehen hier eine dicke Platte von Speckstein (Talk). An der einen Breitseite befindet sich ein sich schwach verjüngendes (konisches) Loch, in welches ein Ebonitstab fest hineinpaßt. Ich fasse den isolierenden Handgriff am freien Ende und peitsche den Speckstein mit dem Fuchsschwanz. Hören Sie? — bei Annäherung des Fingers springen knisternde Funken über! Ich nähere den Speckstein dem elektrischen Pendel (Fig. 1) — und die Kugeln werden stark angezogen! Der gut leitende Speckstein wird durch Reiben stark elektrisch, wenn er vor der Berührung mit der Hand durch einen isolierenden Griff geschützt ist.

Wiederholen wir den Versuch mit einer ebenfalls durch einen eingesetzten Ebonitstab isolierten Metallplatte — am genäherten Finger ist kaum ein Knistern wahrzunehmen, aber die Kugeln des elektrischen Pendels werden angezogen und ein berührtes Elektroskop wird geladen. Isolierte Stäbe aus Fischbein und anderen Halbleitern lassen sich ebenfalls elektrisieren, d. h.: Alle gehörig isolierten Körper können durch Reiben

nur mit den allerfeinsten Hilfsmitteln nachweisen können. Für unsere Versuche können wir diese Körper als wirkliche Isolatoren betrachten.

(oder durch Berührung mit elektrischen Körpern) elektrisch werden.

Wir sehen, die Einteilung der Körper in „elektrische" und „unelektrische" beruhte auf einem Irrtum.

Bei der großen Wichtigkeit, welche Glas für die Herstellung elektrischer Apparate hat, möge es mir gestattet sein, einen Augenblick bei dem auffallenden Verhalten des gewöhnlichen Glases zu verweilen.

Ich berühre mit diesem Glasstabe, der einige Zeit auf dem Tische gelegen hat, das geladene Elektroskop — die Blättchen fallen ziemlich rasch zusammen, d. h. das Glas leitet! Jetzt halte ich den Glasstab auf einige Sekunden in die Flamme einer Spirituslampe — es leitet nicht mehr. Nun tauche ich den Stab in reines Wasser und lasse die anhängenden Wassertropfen ablaufen — es leitet besser als zuvor; auch das Abwischen mit einem trockenen Tuch hilft wenig, denn eine unsichtbare Wasserhaut ist zurückgeblieben. Beim Liegen an der Luft hatte sich durch den Niederschlag der atmosphärischen Feuchtigkeit eine Wasserhaut gebildet und war in der Spiritusflamme verdampft. Offenbar findet zwischen diesem (Natron-) Glase und dem Wasserdampf der Luft eine Anziehung statt. Das gewöhnliche Glas ist oft hygroskopisch.

Jetzt tauche ich den Stab aus englischem Flintglase in reines Wasser und berühre das geladene Elektroskop.— Sie sehen, der Flintglasstab leitet nicht, wiewohl noch Wassertropfen daran hangen. Betrachten Sie den Stab genauer, so bemerken Sie, daß das Wasser keine gleichmäßige Schicht bildet, sondern sich in einzelne unter sich nicht zusammenhangende Tropfen zusammengezogen hat. Das englische Flintglas wird also vom Wasser nicht be-

netzt, es ist nicht hygroskopisch. Daher seine ausgezeichnete Isolierfähigkeit. — Da der hohe Preis des englischen Flintglases die allgemeine Verwendung desselben zu elektrischen Apparaten unmöglich macht, so sucht man die hygroskopische Oberfläche des gewöhnlichen Glases vor dem Beschlagen mit der atmosphärischen Feuchtigkeit dadurch zu schützen, daß man das genügend getrocknete und erwärmte Glas mit einem nicht hygroskopischen Überzuge versieht. Darum werden Sie meistens die isolierenden Glasteile elektrischer Apparate mit Schellackfirnis überzogen sehen. (Noch geeigneter ist Bernsteinlack.)

BRUNO KOLBE, *Einführung in die Elektrizitätslehre*, 2. Aufl. Band 1, Seite 1; Verlag von Julius Springer, Berlin.

XXXIX. Berührungselektrizität oder Galvanismus

Die Berührungselektrizität bezeichnet man als galvanische Elektrizität oder Galvanismus nach ihrem Entdecker, dem italienischen Arzte Galvani (1790).[1]

Werden in mehrere, mit stark verdünnter Schwefelsäure gefüllte Gläser je ein Zink- und ein Kupferstreifen so gestellt, daß jeder Zinkstreifen mit dem Kupferstreifen metallisch in Verbindung steht, so können folgende Erscheinungen hervorgerufen werden:

(*a*) Wenn an jeder der beiden Endplatten ein Draht befestigt ist, so empfindet man in den Handgelenken Zuckungen, wenn man den einen der Drähte in der feuchten Hand hält oder wenn man

den andern mit der gleichfalls befeuchteten andern Hand mehrfach berührt.

(*b*) Wird an jedem der beiden Drähte ein zugespitztes Stückchen Gaskohle befestigt, so entsteht, wenn man die Spitzen berührt, ein kleiner hell leuchtender Funke.

(*c*) Schaltet man zwischen den beiden Drähten einen sehr dünnen, kurzen Eisen- oder Platindraht ein, so wird derselbe glühend.

(*d*) Wird zwischen den beiden Drähten ein schraubenförmig gewundener Kupferdraht eingeschaltet, in dessen Windungen ein Eisenstäbchen gelegt ist, so wird dieses Eisenstäbchen magnetisch.

(*e*) Hält man eine Magnetnadel über einen der beiden Drähte, so wird dieselbe jedesmal abgelenkt, sobald man diesen Draht mit dem andern Draht in Berührung bringt.

Die beiden unter *d* und *e* angegebenen magnetischen Erscheinungen entstehen schon durch ein einzelnes Element.

(*f*) Werden die Drahtenden in eine Lösung von Jodkalium-Stärkekleister getaucht, und nähert man sie darauf fast bis zur Berührung, so wird an dem Drahte, der mit der Kupferplatte verbunden ist, das Jod chemisch ausgeschieden und färbt die Stärke blau.

Alle diese Erscheinungen können auch durch zahlreiche andere Flüssigkeiten hervorgerufen werden, wenn man sie auf Metalle einwirken läßt. Dabei verbindet sich das Zink chemisch mit den Bestandteilen der Flüssigkeit. Das Metall, das keine chemische Verbindung eingeht, z. B. Kupfer, kann man auch durch Gaskohle ersetzen.

Werden zwei Metalle oder Metall und Kohle mit gewissen Flüssigkeiten in Berührung gebracht, so wird durch ihre gegenseitige Einwirkung Elektrizität hervorgerufen; man nennt diese Elektrizität Berührungselektrizität oder Galvanismus.

Vorrichtungen zur Erregung von galvanischer Elektrizität heißen galvanische Elemente. Mehrere galvanische Elemente, die miteinander verbunden sind, bilden eine galvanische (Voltasche) Batterie.

Wie man zur Erzeugung von Wärme Kohle verbrennt, so wird in einem galvanischen Element ein Metall, z. B. Zink, durch die darauf einwirkende Flüssigkeit gleichsam verbrannt.

Vermittelst eines geeigneten Kondensators und eines sehr empfindlichen Blattelektroskopes kann nachgewiesen werden, daß von den beiden Endplatten einer galvanischen Batterie oder eines einzelnen Elementes die aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden ungleichnamige Elektrizität haben, und zwar ist:

(*a*) das eine Ende (Zink) −elektrisch

(*b*) das andere Ende +elektrisch; daher werden diese freien Enden der Platte als elektrische Pole (negativer Pol, positiver Pol) bezeichnet.

Die Pole zeigen aber je nach der Art der Elektrizitätserreger (Metalle und Säuren) einen verschiedenen Grad ungleichnamiger Elektrizität, so daß in manchen Fällen der Unterschied zwischen +Elektrizität und −Elektrizität verschieden groß ist. Dieser Unterschied wird als Spannungsunterschied oder kurz als Spannung bezeichnet.

Man nimmt an, daß sich die beiden Elektrizitäten infolge der leitenden Verbindung der beiden Pole vereinigen,

wohingegen von den Erregungsflächen fortwährend Elektrizität nachströmt. Man bezeichnet indessen als elektrischen (galvanischen) Strom nur die vom positiven zum negativen Pole (zum Zink) fließende Elektrizität.

Zur Nachweisung eines galvanischen Stroms benutzt man am besten die Magnetnadel. Zum Nachweisen des

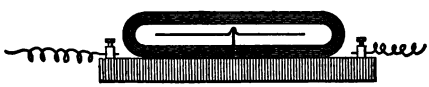


FIG. 5. Galvanoskop.

Stromes dienende Instrumente nennt man Galvanoskope; kann man mit ihnen die Stromstärke messen, so werden sie Galvanometer genannt.

Das Galvanoskop besteht aus einem Kupferbügel, der mit zwei Stahlspitzen zum Auflegen der Magnetnadel versehen ist. Für sehr schwache Ströme benutzt man statt des einfachen Bügels einen aus zahlreichen Windungen bestehenden Kupferdraht und statt der gewöhnlichen Magnetnadel eine magnetische Doppelnadel, die an einem dünnen Faden aufgehängt ist. Weil bei dieser die ungleichnamigen Pole übereinander liegen, kommt sie in jeder Lage zur Ruhe: astatische Nadel. Man nennt eine derartige Vorrichtung Multiplikator.

FIG. 6. Galvanometer.

Bei dem einfachen galvanischen Elemente entwickelt

sich infolge der Einwirkung der Schwefelsäure auf das Zink Wasserstoff; dieser Wasserstoff lagert sich auf der anderen Platte (Kohle, Kupfer) ab und schwächt dadurch den galvanischen Strom. Man nimmt nun zur Verhütung dieser Schwächung sauerstoffhaltige Flüssigkeiten zu Hilfe; durch den Sauerstoff wird der frei gewordene Wasserstoff chemisch gebunden und damit unschädlich gemacht, z. B. Salpetersäure und Chromsäure. Galvanische Elemente, die diese Einrichtung haben, heißen k o n s t a n t e, d. h. beständig wirkende E l e m e n t e.

Die wichtigsten konstanten Elemente sind:

(*a*) das Daniellsche [1] Element,
(*b*) das Bunsensche Element,
(*c*) das Meidingersche Element,
(*d*) das Braunstein- oder Leclanché-Element.

Das Daniellsche Element. Die beiden Platten dieses Elements bestehen aus Zink und Kupfer. Das Zink steht in verdünnter Schwefelsäure, das Kupfer in einer Lösung von Kupfervitriol; beide Flüssigkeiten sind durch einen Tonzylinder voneinander getrennt.

FIG. 7.
Das Daniellsche Element.

Das Bunsensche Element. Die beiden Platten dieses Elements bestehen aus Zink und Kohle. Die Kohle wird in Salpetersäure oder auch mit dem Zink zusammen, also ohne Tonzylinder, in eine Mischung von Schwefelsäure und Chromsäure gestellt.

Durch Bunsenelemente wird ein besonders kräftiger Strom erzielt; derselbe ist aber nicht so andauernd,

wie der Strom der Daniellschen und Meidingerschen Elemente.

Das Meidingersche Element. Dieses Element besteht aus einer Zinkplatte und einer Kupferplatte. Das Zink steht in einer Lösung von Bittersalz, das Kupfer in einer Lösung von Kupfervitriol. Das Meidingersche Element findet besonders auf den Telegraphenstationen Verwendung. Bei der einfachsten Einrichtung dieses Elements wird ein dicker, kurzer Zinkzylinder auf dem Rand des Glases in die Flüssigkeit gehängt. Auf dem Boden des Glases befindet sich eine Kupfer- oder eine Bleiplatte. Zur Füllung verwendet man Kupfervitriolkristalle, auf die man eine Bittersalzlösung gießt.

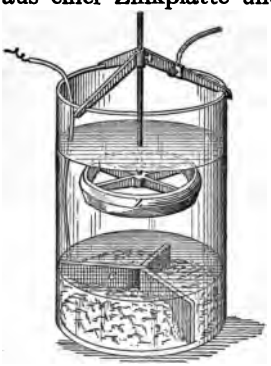


FIG. 8.
Das Meidingersche Element.

Das Braunstein- oder Leclanché-Element. Dieses Element enthält das Zink in einer Salmiaklösung; die Kohle ist von Braunsteinstückchen umgeben.

FIG. 9.
Das Leclanché-Element.

Dieses Element liefert, ohne daß die Füllung erneuert zu werden braucht, jahrelang einen galvanischen Strom; es ist daher besonders zum Betriebe elektrischer Klingeln geeignet. Zu diesem Zwecke wendet man auch häufig Trockenelemente an; diese

enthalten keine Flüssigkeit, sondern eine eingedickte Masse, die mit der erregenden Flüssigkeit getränkt ist; die Trockenelemente sind daher für den Gebrauch besonders bequem.

Stärke des galvanischen Stromes. Die Stärke des galvanischen Stromes, d. i. die Elektrizitätsmenge, die im Verlaufe einer Sekunde durch den Querschnitt einer Leitung fließt, ist abhängig:

(*a*) von der Beschaffenheit der Elemente und

(*b*) von der Leitung, die zwischen den Polen eingeschaltet ist.

Der elektrische Strom (Ohmsches [1] Gesetz) ist um so stärker je größer die Zahl der miteinander verbundenen Elemente ist und je kürzer und dicker die ganze Stromleitung ist. Versuche haben ergeben, daß alle Körper, die in den Stromkreis eingeschaltet sind, den elektrischen Strom bei seinem Durchgange schwächen. Diese Schwächung wird mit einem Widerstande erklärt, der von den Leitern dem Durchgange des Stromes entgegengesetzt wird. Damit die Größe des Widerstandes in Zahlen ausgedrückt werden könnte, wurde eine Widerstandseinheit, die man das Ohm nannte, eingeführt. Unter einem Ohm versteht man den Widerstand eines Quecksilberfadens von 106,3 [2] cm Länge und 1 qmm Durchschnitt bei 0°.[3] Die Einheit der Stromstärke ist das A m p è r e. Die Kraft, von der die Einheit erzeugt wird, heißt e l e k t r o m o t o r i s c h e K r a f t. Als Einheit der elektromotorischen Kraft gilt das V o l t,[4] d. i. diejenige elektromotorische Kraft, die in einem Stromkreise von 1 Ohm Widerstand einen Strom von 1 Ampère [5] erzeugt.

Lichtwirkung des elektrischen Stromes. Durch starke galvanische Ströme kann zwischen den Spitzen zweier

Stäbchen ein sehr heller Schein hervorgerufen werden. Man verbindet zu diesem Zwecke die Kohlenstäbchen leitend mit den Poldrähten und nähert sie einander zunächst bis zur Berührung. Dadurch werden infolge des großen Leitungswiderstandes ihre Enden bis zur Weißglut heiß. Werden sie dann voneinander entfernt, so wird von den glühenden Kohleteilchen eine leitende Verbindung gebildet. Dadurch werden durch den Strom vorzugsweise vom +Pole glühende Kohleteilchen losgerissen und nach dem −Pole hinübergeführt (elektrisches Bogenlicht).

Das den +Pol bildende Kohlenstäbchen höhlt sich infolgedessen kraterförmig aus, wohingegen das negative Stäbchen seine Form nur wenig ändert. Vergleiche mit verschiedenen anderen Lichtquellen haben zu dem Ergebnis geführt, daß von allen irdischen Lichtquellen das elektrische Licht die stärkste Leuchtkraft besitzt und daß die Temperatur des elektrischen Bogens mehrere tausend Grad beträgt. Eine starke Erhöhung der Temperatur findet auch in dünnen Drähten statt, die in den galvanischen Strom eingeschaltet werden, und zwar erzeugt derselbe Strom um so mehr Wärme, je größeren Leitungswiderstand die Drähte entgegensetzen.

Umgekehrt kann auch durch Wärme ein galvanischer Strom hervorgerufen werden. Erhitzt man zwei an ihren Enden zusammengelötete Metallstreifen, z. B. Eisen und Neusilber, an einer der beiden Lötstellen, so entsteht ein schwacher galvanischer Strom, der T h e r m o s t r o m.

Wenn man statt der Kohlenstäbchen einen dünnen Kohlenfaden in den galvanischen Strom einschaltet und diesen in einem birnenförmigen, luftleer gemachten Glasballon glühen läßt, so erhält man e l e k t r i s c h e s

G l ü h l i c h t. Die Glasbirne darf keine Luft enthalten, weil sonst der Kohlenfaden bald verbrennen würde. Man verwendet:

(*a*) das glänzend weiße Bogenlicht zur Beleuchtung von Straßen und öffentlichen Plätzen;

(*b*) das weniger grelle, gelbliche Glühlicht in Kaufläden, Fabrikräumen, Theatern u.s.w.

Chemische Wirkung des galvanischen Stromes. Bei der Anwendung eines Daniellschen Elements scheidet sich das Kupfer, das in der Kupfervitriollösung enthalten ist, aus und schlägt sich auf der Kupferplatte des Elementes nieder. Es findet auch im Meidingerschen Elemente eine Kupferausscheidung statt, deshalb fügt man beständig Kupfervitriolkristalle hinzu, damit die Flüssigkeit möglichst lange gesättigt und brauchbar erhalten bleibt. Der galvanische Strom scheidet Metalle aus ihren chemischen Verbindungen aus; die Ausscheidung findet am negativen Pole statt (wenn sie nicht im Element selbst erfolgt).

Das Ausscheiden von Metallen wird angewandt:

(*a*) bei der Herstellung eines metallischen Überzuges über beliebige Gegenstände;

(*b*) bei der Galvanoplastik, d. i. der Herstellung von Metallabdrücken auf galvanischem Wege;

(*c*) zur Gewinnung von Metallen aus ihren Erzen; Metallurgie; die Metallausscheidung hat neuerdings in der Hüttenindustrie eine wichtige Anwendung gefunden, indem man auf diese Weise besonders Kupfer, Magnesium und Aluminium gewinnt;

(*d*) zur Messung der Stromstärke;

(*e*) zur Elektrolyse, d. h. zur Zersetzung einer chemischen Verbindung durch den elektrischen Strom.

Der Strom von 1 Ampère schlägt in einer Sekunde 0,001 118 g[1] Silber aus einer wässerigen Höllensteinlösung nieder. So können durch elektrische Ströme Metalle in ihre Bestandteile zerlegt werden. Bei der Zersetzung von Wasser scheidet sich am negativen Pole der Wasserstoff, am positiven Pole der Sauerstoff aus.

Bringt man Bleiplatten in verdünnte Schwefelsäure und sendet man eine Zeitlang einen Strom hindurch, so geben die Bleiplatten, wenn der Strom unterbrochen und die Platten durch einen Leiter verbunden werden, selbständig einen Strom ab (solche Elemente müssen also erst durch einen galvanischen Strom geladen werden). Man nennt diese Elemente, weil in ihnen Elektrizität zu späterer Verwendung aufgespeichert werden kann, Akkumulatoren, d. i. Kraftsammler.

H. ZUSCHLAG, *Physik*, Seite 66; Mentor Verlag, Berlin.

XL. Begriff und Einheit der Stromstärke

Wiewohl wir den elektrischen Strom nun schon seit vollen hundert Jahren kennen und wiewohl während dieser Zeit seine Eigenschaften und Wirkungen so gründlich erforscht worden sind, daß wir ihn praktisch vollkommen beherrschen und für unsere Zwecke nutzbar machen können, so sind wir doch über das eigentliche Wesen dieser Erscheinung noch immer im dunkeln. Zwar sind im Laufe der Zeit eine ganze Reihe von Theorien über die Natur des Stromphänomens aufgestellt worden, aber etwas be-

stimmtes darüber, worin der elektrische Strom eigentlich besteht und wie er zustande kommt, wissen wir zur Zeit noch nicht.

Bei dieser Ungewißheit bleibt uns nichts übrig, als zu Bildern und Analogien mit uns besser bekannten mechanischen Vorgängen zu greifen, wenn wir uns den Vorgang veranschaulichen wollen. In dieser Hinsicht ist nun das alte Bild von der strömenden Flüssigkeit, das sich schon den ersten Beobachtern dieser Erscheinung aufdrängte, immer noch das beste und zutreffendste. Der elektrische Strom verhält sich, wie die Erfahrung gelehrt hat, in vieler Beziehung ganz ebenso wie eine Flüssigkeit, die in einem geschlossenen Rohre von einem höheren zu einem tieferen Niveau, also unter Druck, strömt. Nach Analogie dieses Vorganges können wir uns auch vorstellen, daß die Elektrizität wie eine unwägbare Flüssigkeit in dem Drahte strömt; der Draht entspricht dann also dem Rohre der Flüssigkeitsleitung, während dem Niveauunterschied der Flüssigkeit, durch den das Strömen veranlaßt wird, beim elektrischen Strome die sog. „elektromotorische Kraft“ entspricht, d. h. die Größe der[1] von der Elektrizitätsquelle (galvanischen Batterie oder Dynamomaschine) hervorgebrachten, die Elektrizität in Bewegung setzenden Kraft oder Ursache — über deren wahre Natur wir allerdings auch nichts bestimmtes wissen. — Das ist, wie gesagt, nur ein Bild, aber wir können, wie die Erfahrung lehrt, die für eine solche strömende Flüssigkeit geltenden Gesetze im allgemeinen auch auf das hier vorliegende Phänomen anwenden, ohne zu falschen Resultaten zu gelangen. Hierbei kann die Frage, ob tatsächlich in dem Drahte irgend etwas fließt, oder ob der Vorgang vielleicht in Wahrheit mit einer

Strömung gar nichts zu tun hat, ganz auf sich beruhen bleiben.

Bei einer strömenden Flüssigkeit messen wir nun die Stärke der Strömung durch die Flüssigkeitsmenge, die in der Zeiteinheit durch irgendeinen Querschnitt des Rohres hindurchfließt; diese Menge können wir bei einer solchen Leitung unmittelbar wahrnehmen und messen. Beim elektrischen Strome ist dies natürlich nicht möglich; wir können hier die Stärke der Strömung nur nach den Wirkungen des Stromes beurteilen; sind diese groß, so sagen wir, der Strom habe eine große Stromstärke, sind sie unter sonst gleichen Umständen klein, so bezeichnen wir die Stromstärke als gering. Unter den verschiedenen Wirkungen, die ein Strom hervorbringt, hat man nun aus Gründen, die wir später kennen lernen werden, die elektromagnetische Wirkung — also die Stärke des magnetischen Feldes, das der Strom in seiner Umgebung hervorbringt — als Maß für die Stromstärke gewählt. Nun ist allerdings das Feld, das ein elektrischer Strom erzeugt, kein gleichförmiges, vielmehr ist es in der Nähe des Stromleiters stärker als in größerer Entfernung von ihm. Wenn wir aber die Stärke des Feldes immer in dem gleichen senkrechten Abstande vom Leiter, z. B. in 1 Zentimeter Entfernung von seiner Achse, messen, so können wir die gefundenen Feldstärken unmittelbar miteinander vergleichen und die Stärke des Stromes diesen Feldstärken proportional setzen.

Die Stromstärke wird also in elektromagnetischem Maße gemessen, sie ist der magnetischen Wirkung des Stromes proportional. Bringt ein Strom in 1 Zentimeter Abstand von der Achse seines Leiters die doppelte Feldstärke hervor wie ein anderer, so definieren wir seine Stromstärke als die doppelte.

Um nun Ströme in magnetischem Maße messen zu können, müssen wir zunächst eine bestimmte Einheit der Stromstärke festsetzen; d. h. wir müssen einen Strom als Norm wählen, dem wir die Stromstärke „eins" beilegen und dessen magnetische Wirkung wir dann mit der aller anderen Ströme vergleichen. Zu diesem Zwecke wollen wir annehmen, daß ein geradliniger, unendlich langer Draht ausgespannt sei, der einen Teil eines geschlossenen Stromkreises bildet; einen solchen Draht kann man in Wirklichkeit natürlich nicht herstellen, indessen genügt es praktisch, wenn das geradlinige Drahtstück sehr lang ist im Verhältnis zu dem sehr geringen Abstande des Punktes von der Drahtachse, in welchem wir die Feldstärke messen wollen; ist außerdem die Anordnung so getroffen, daß der übrige Teil des Stromkreises möglichst weit von der Stelle entfernt bleibt, wo wir die Messung vornehmen, so ist der theoretischen Voraussetzung eines unbegrenzt langen Drahtes mit hinreichender Annäherung genügt; denn es werden dann die übrigen Teile des Stromkreises keinen merkbaren Einfluß mehr auf die Feldstärke in dem betrachteten Punkte ausüben. — Es wäre nun das Einfachste, in Übereinstimmung mit der Art, wie wir bisher die Einheiten für die mechanischen und magnetischen Größen bestimmt haben, denjenigen Strom als Einheitsstrom zu wählen, der in einem solchen unbegrenzt langen Drahte fließend, in einem Zentimeter Abstand von der Drahtachse eine Feldstärke gleich eins hervorbringt, der also auf einen hier befindlichen Einheitspol eine Kraft von einer Dyne ausübt. Auf dem internationalen Kongreß in Paris im Jahre 1881, wo die jetzt geltenden elektrischen und magnetischen Einheiten endgültig festgesetzt wurden, hat man indessen

nicht diesen Strom, sondern einen doppelt so starken als Einheitsstrom gewählt; die Gründe, die hierzu geführt haben, werden wir weiter unten kennen lernen.

Es hat also derjenige Strom die Einheit der Stromstärke, der, in einem geradlinigen, unbegrenzt langen Drahte fließend, in 1 Zentimeter Abstand von der Drahtachse eine Feldstärke gleich 2 Dynen hervorbringt.

Diese so definierte Einheit heißt die absolute Einheit der Stromstärke (oder auch die C. G. S.[1] — Einheit).

Ein Strom, der eine solche Wirkung hervorbringt, ist ziemlich stark; für praktische Zwecke erschien diese Einheit damals als zu groß, sodaß man auf dem soeben erwähnten Kongresse noch eine zweite technische Einheit für die Stromstärke festgesetzt hat, die gleich dem zehnten Teil der absoluten ist; diese Einheit hat den Namen Ampère erhalten — zum Andenken an einen der verdienstvollsten Forscher auf dem Gebiete des Elektromagnetismus.

Es hat also derjenige Strom eine Stromstärke von 1 Ampère, der, in einem unbegrenzt langen Drahte fließend, in 1 Zentimeter Abstand von der Drahtachse eine Feldstärke gleich 0,2 Dynen hervorbringt.

Von dieser Einheit wird in der Praxis der Elektrotechnik ausschließlich Gebrauch gemacht, während die absolute Einheit nur bei theoretischen Untersuchungen und in Formeln vorkommt.

Da die absolute Einheit der Stromstärke gleich 10 Ampère ist, so wird sie wohl auch das Dekampère genannt.

Der Umstand, daß es zwei verschiedene Einheiten der Stromstärke gibt, eine praktische und eine theoretische,

kann nun freilich nicht als besonders glücklich gelten, und kann sehr leicht zu Irrtümern Veranlassung geben. Man muß infolgedessen bei allen Formeln, in denen die Stromstärke vorkommt, sorgfältig darauf achten, ob die eine oder die andere Einheit gemeint ist. Dies kann man einer Formel aber nicht ohne weiteres ansehen, es folgt dies vielmehr nur aus dem ganzen Gange ihrer Entwickelung. Bei allen solchen Formeln ist also große Vorsicht nötig, wenn nicht Irrtümer entstehen sollen.

Um beide Größen scharf auseinanderzuhalten, werden wir im folgenden stets die in Ampère angegebene Stromstärke mit dem Buchstaben J, die Stromstärke in absoluten Einheiten dagegen mit dem Buchstaben i bezeichnen, sodaß also:

$$J = 10\,i.$$

Die Stromstärke wird auch die Intensität des elektrischen Stromes genannt; daher die obige Buchstabenbezeichnung.*

Wie bereits oben ausgeführt wurde, können wir uns einen elektrischen Strom unter dem Bilde einer strömenden Flüssigkeit veranschaulichen, indem wir annehmen, daß die Elektrizität wie eine unwägbare Flüssigkeit durch den

* Faraday[1] verstand allerdings unter „Intensität des Stromes" etwas anderes. Er unterschied — durchaus logisch und zweckmäßig — zwischen der „Quantität" und der „Intensität" des Stromes. Erstere war gleichbedeutend mit unserm Begriff der Stromstärke und entsprach also der Flüssigkeitsmenge in dem Bilde von der strömenden Flüssigkeit. Unter „Intensität des Stromes" verstand er aber die Größe der elektromotorischen Kraft der Stromquelle; dieser letzteren Größe entspricht bei einer von einem höheren zu einem tieferen Niveau strömenden Flüssigkeit, wie schon oben bemerkt wurde, der Niveauunterschied, also die Druckhöhe.

Draht hindurchströmt. Bleiben wir bei diesem Bilde, so müssen wir uns auch vorstellen, daß bei einer bestimmten Stromstärke eine ganz bestimmte Menge jener ideellen elektrischen Flüssigkeit durch den Drahtquerschnitt in der Zeiteinheit hindurchfließt; diese Menge muß bei doppelter Stromstärke, d. h. wenn der Strom die doppelte magnetische Wirkung hervorbringt, gerade doppelt so groß sein, bei dreifacher dreimal so groß u.s.w. Man hat nun diejenige Elektrizitätsmenge, die man sich bei der Stromstärke von 1 Ampère als durch den Drahtquerschnitt in der Sekunde hindurchfließend zu denken hat, mit einem eigenen Namen belegt und nennt sie ein Coulomb;[1] man sagt also: wenn die Stärke eines Stromes gleich 1 Ampère ist, so fließt ein Coulomb Elektrizität in der Sekunde durch den Drahtquerschnitt hindurch. Dies hat natürlich wiederum nur eine symbolische Bedeutung, denn in Wahrheit fließt vielleicht gar nichts durch den Draht; jedoch steht diese Bezeichnung in Übereinstimmung mit der allgemein üblichen Auffassung von elektrischen statischen Ladungen; bei diesen stellen wir uns nämlich ebenfalls stets vor, daß eine gewisse Quantität eines unwägbaren elektrischen Stoffes oder Fluidums auf den geladenen Körper heraufgebracht worden sei und daß die Menge dieses Stoffes unter sonst gleichen Umständen der Stärke der Ladung proportional sei. — Um uns nun von der Elektrizitätsmenge eines Coulombs eine Vorstellung zu machen, wollen wir annehmen, daß es möglich wäre, eine kleine, isolierte Metallkugel mit ihr zu laden, und wollen die Kraft berechnen, die zwei derartige, gleichnamig geladene Kugeln aufeinander ausüben würden, wenn sie sich in einem Kilometer Entfernung voneinander befänden. Diese Rechnung läßt

MICHAEL FARADAY

(1791–1867), einer der hervorragendsten Naturforscher aller Zeiten: kaum jemals hat ein einziger Mensch eine so große Reihe wissenschaftlicher Entdeckungen gemacht wie er

sich nach den Gesetzen der statischen Elektrizität leicht durchführen, wenn wir hier auch nicht näher darauf eingehen können. Man überzeugt sich dann, daß ein Coulomb eine ganz ungeheure Elektrizitätsmenge darstellt; die Rechnung ergibt nämlich, daß diese beiden Kugeln trotz ihrer außerordentlich großen Entfernung sich mit einer Kraft von nicht weniger als 900 Kilogramm, also rund einer Tonne, abstoßen würden; diese Kraft würde hinreichen, um einen die beiden Kugeln verbindenden Stahldraht von 10 qmm Querschnitt zu zerreißen. Man sieht also, daß beim elektrischen Strome — um sich der üblichen Ausdrucksweise zu bedienen — ganz gewaltige Elektrizitätsmengen in Bewegung begriffen sind; dabei muß man bedenken, daß es sich in dem obigen Falle erst um einen ganz schwachen Strom, nämlich um einen solchen von nur 1 Ampère Stärke, handelt. Man kann aber ohne Schwierigkeit Ströme von der tausendfachen Stärke, ja von noch weit größerer herstellen; so wird z. B. in Neuhausen in der Schweiz zur Aluminiumerzeugung ein Strom von 12,000 Ampère Stromstärke benutzt, der durch kolossale Dynamomaschinen erzeugt wird. Bei so starken Strömen sind es also ganz riesenhafte Elektrizitätsmengen, die sich nach dieser Anschauung durch die Leitung hindurchbewegen müssen. — — Bereits Faraday, der in den Jahren 1833 und 1834 als erster Untersuchungen anstellte, bei denen er die statische und die fließende Elektrizität in bezug auf ihre Quantität experimentell miteinander verglich, war aufs höchste überrascht über die enorme Größe der letzteren im Vergleich zu den bei statischen Ladungen vorkommenden Elektrizitätsmengen; die betreffenden Zahlen erschienen ihm so unglaublich, daß er anfangs beinahe Anstand nahm, sie zu veröffent-

lichen; eine eingehende Prüfung zeigte aber ihre vollkommene Richtigkeit.

Wie bereits mehrfach hervorgehoben wurde, ist das magnetische Feld eines Stromes auf die ganze Länge des Stromkreises hin überall gleich stark, d. h. die Feldstärke ist für alle Punkte, die den gleichen senkrechten Abstand von der Achse des Leiters haben, die gleiche, wo sich diese Punkte auch, über die Länge des Stromkreises hin verteilt, befinden mögen. Das Feld ist also nicht etwa, wie man vermuten könnte, in der Nähe der Stromquelle am stärksten, in größerer Entfernung von ihr aber schwächer, sondern überall gleich stark. Daraus folgt, daß sich auch die Stromstärke überall gleich groß ergeben wird, an welcher Stelle des Stromkreises man sie auch messen mag; es gibt in jedem Stromkreise eben nur eine Stromstärke. Dies gilt auch noch, wenn der Querschnitt oder das Material des Leiters innerhalb des Stromkreises wechselt, denn auch in diesem Falle wird sich das magnetische Feld des Stromes überall in gleicher Weise ausbilden, da es, wie die Erfahrung lehrt, von der Beschaffenheit und dem Querschnitt des Leiters volkommen unabhängig ist. Wir gelangen so zu einem weiteren fundamentalen Satz über das Stromfeld, nämlich:

Die Stromstärke ist im ganzen Stromkreise konstant. Es entspricht dies bei einer strömenden Flüssigkeit der Tatsache, daß bei einer solchen, sobald der Beharrungszustand eingetreten ist, ebenfalls durch jeden Querschnitt des Rohres in der gleichen Zeit auch die gleiche Flüssigkeitsmenge hindurchfließen muß, wie auch der Querschnitt des Rohres oder seine sonstigen Eigenschaften wechseln mögen; in gleicher Weise fließt auch beim elektrischen

Strome durch jeden Querschnitt des Leitungsdrahtes immer die gleiche Elektrizitätsmenge. Auch hier sehen wir also, daß die Gesetze, denen diese beiden Vorgänge — der mechanische und der elektrische — folgen, miteinander übereinstimmen.

Bevor wir weiter gehen, möge noch eine Bemerkung Platz finden, die zu einem gründlicheren Verständnis dieser Verhältnisse dienen wird. — — Wie wir gesehen haben, messen wir die Stärke eines Stromes durch die magnetische Wirkung, die er hervorbringt. Man kann nun die Frage aufwerfen, ob wir zu dem gleichen Resultat gelangt wären, wenn wir statt der magnetischen eine andere Wirkung des Stromes der Bestimmung der Stromstärke zugrunde gelegt hätten — z. B. seine chemische Wirkung, oder die sog. Wärmewirkung, d. h. die Erwärmung, die der Strom in dem von ihm durchflossenen Leiter hervorbringt. Hierauf ist folgendes zu erwidern: Prinzipiell sind die Wirkungen, die ein elektrischer Strom hervorbringt — ganz ebenso wie die Wirkungen einer strömenden Flüssigkeit oder jeder anderen Energieform — immer von zwei Faktoren abhängig; der eine dieser Faktoren ist das, was wir als Stromstärke bezeichnet haben, und das wir im Bilde auch als die Größe der in der Zeiteinheit durch den Drahtquerschnitt hindurchfließenden Elektrizitätsmenge definieren können; dies ist der sogenannte „Quantitätsfaktor" der elektrischen Energie. Bei einer strömenden Flüssigkeit ist dieser Faktor ebenfalls der Flüssigkeitsmenge, die in der Zeiteinheit durch den Rohrquerschnitt hindurchfließt, proportional. Der andere Faktor, der „Intensitätsfaktor" der Energie, ist beim elektrischen Strome die sog. Elektromotorische Kraft, d. h. (wie

schon oben gesagt wurde) die Größe der von der Stromquelle (galvanischen Batterie oder Dynamomaschine) hervorgebrachten, die Elektrizität in Bewegung setzenden Kraft oder Ursache; diesem Faktor entspricht bei einer unter Druck in einem geschlossenen Rohre strömenden Flüssigkeit die Druckhöhe, also der Niveauunterschied zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkte der Leitung. Wie nun bei einer solchen strömenden Flüssigkeit, z. B. bei einer Wasserleitung, die Größe der Arbeit, die das Wasser in der Zeiteinheit leisten kann, nicht nur von der Wassermenge abhängt, sondern auch von der Druckhöhe, und daher in gleichem Verhältnis mit beiden Faktoren wachsen wird — genau ebenso verhält es sich auch mit der Energie, die in dem elektrischen Strome enthalten ist; auch diese hängt von der Größe beider Energiefaktoren ab, sie wird daher sowohl proportional der Stromstärke, als auch proportional der elektromotorischen Kraft der Stromquelle zunehmen, d. h. sie wird dem Produkte beider Größen proportional sein. Folglich werden alle Wirkungen des Stromes, die in einer einfachen Umwandlung seiner elektrischen Energie in eine andere Form bestehen, ebenfalls im Verhältnis beider Faktoren wachsen, also dem Produkte EJ aus der elektromotorischen Kraft E und der Stromstärke J proportional sein; dies wird z. B. der Fall sein, wenn man die elektrische Energie des Stromes in Wärme umsetzt, indem man z. B. einen Heizkörper durch den Strom erhitzt. — Anders verhält es sich aber mit der elektromagnetischen Wirkung des Stromes; diese ist, wie die Erfahrung lehrt, von der elektromotorischen Kraft der Stromquelle vollkommen unabhängig, und hängt nur von dem andern, dem Quantitäts-

faktor der elektrischen Energie, ab. Diese Tatsache hatte bereits Faraday klar erkannt, der sie in dem Satze aussprach:

„Wenn die Elektrizität in gleicher absoluter Menge durch das Galvanometer geleitet wird, so ist, wie groß auch ihre Intensität sein mag, die ablenkende Kraft auf die Magnetnadel gleich groß."

Die elektromagnetische Wirkung des Stromes eignet sich daher ganz besonders zur Messung der Stromstärke, da sie nur von diesem einen Energiefaktor abhängig ist; aus diesem Grunde ist sie eben der Bestimmung der Stromstärke zugrunde gelegt worden.

Dasselbe gilt übrigens auch von der chemischen Wirkung des Stromes, d. h. von seiner Fähigkeit, aus einer Lösung eine bestimmte Menge Metall in der Zeiteinheit auszuscheiden; auch diese Wirkung ist, wie ebenfalls schon von Faraday nachgewiesen worden ist, von der elektromotorischen Kraft des Stromkreises unabhängig und wird nur durch die von dem Strome in Bewegung gesetzte Elektrizitätsmenge bestimmt. Man kann daher auch diese „elektrolytische" Wirkung des Stromes zur Messung der Stromstärke benutzen und wird dann zu demselben Resultate wie bei der elektromagnetischen Wirkung gelangen, d. h. der Strom, der in elektromagnetischem Maße die doppelte oder dreifache Stärke hat,

FIG. 10.
Voltameter

wird sich auch in elektrolytischem Maße als zwei- oder dreimal so stark ergeben. Praktisch geschieht dies mittelst der als Voltameter bezeichneten Instrumente, durch die man diejenige Menge Substanz bestimmen kann, die in einer bestimmten Zeit aus einer Lösung durch den Strom ausgeschieden wird; man findet dann z. B., daß ein Strom von der Stärke eines Ampères aus einer wässerigen Lösung von Silbernitrat in der Stunde 4,025 Gramm (in der Sekunde 1,118 Milligramm) Silber ausscheidet. — An und für sich könnte man nun auch jede andere Wirkung des Stromes zur Messung der Stromstärke benutzen, so z. B. seine Wärmewirkung; in der Tat gibt es Instrumente — die sog. Hitzdraht-Ampèremeter — bei denen aus der Erwärmung eines Platindrahtes durch den Strom — bez. aus der hierdurch entstehenden Längenänderung dieses Drahtes — auf die Größe der Stromstärke im Stromkreise geschlossen wird. Hierbei ist aber nach dem Gesagten die Größe der Wirkung nun nicht mehr der Größe der Stromstärke direkt proportional, sondern die Wirkung wächst im Quadrate der Stromstärke; bei doppelter Stromstärke tritt also nicht die doppelte, sondern die vierfache Wärmewirkung ein, weil diese doppelte Stromstärke in dem Stromkreise nur dann zustande kommt, wenn die elektromotorische Kraft der Stromquelle zuvor ebenfalls auf das Doppelte gesteigert worden ist; die Wärmewirkung wächst aber sowohl im Verhältnis zur Stromstärke, wie auch zur elektromotorischen Kraft, folglich muß sie jetzt auf das vierfache gestiegen sein. Man muß daher, um die richtige Stromstärke in unserem Maße zu erhalten, aus den Angaben eines solchen Instruments immer erst die Quadratwurzel ziehen.

Ganz ebenso verhält es sich, wenn auch aus anderen

Gründen, mit der elektrodynamischen Wirkung des Stromes, d. h. mit der anziehenden oder abstoßenden Kraft, die zwei Stromkreise gegenseitig aufeinander ausüben; auch diese Wirkung wächst nicht im gleichen Verhältnis, sondern im Quadrate der Stromstärke. Will man die elektrodynamische Wirkung daher zur Messung der Stromstärke benutzen — und solche Instrumente, die man Elektrodynamometer nennt, werden in der Praxis auch vielfach verwendet — so muß man ebenfalls aus der Angabe des Instruments erst die Quadratwurzel ziehen, um die richtige Stromstärke zu erhalten.

ADOLF DONATH, *Lehrbuch der Elektromechanik*, Seite 414; Hermann Costenoble, Jena, 1908.

XLI. Hypothesen über das Wesen der Elektrizität

Wir haben, nachdem uns das Vorhandensein zweier, voneinander verschiedener elektrischer Zustände zur Gewißheit geworden, von „zwei Elektrizitäten" gesprochen, ohne uns eine rechte Vorstellung von dem Wesen der Elektrizität zu machen.[1] Wir wollten nämlich die Erscheinungen mit unbefangenem Blicke prüfen. — Jetzt, wo wir die wichtigsten Grunderscheinungen kennen gelernt haben, wollen wir versuchen, uns eine Vorstellung von dieser rätselhaften Kraft zu bilden, d. h. wir wollen eine Hypothese entwerfen, die alle beobachteten Erscheinungen im Zusammenhange erklärt, ohne — und das ist sehr wichtig — mit irgend einer beobachteten Tatsache im Widerspruche zu stehen.[2]

Die Schwierigkeiten, die uns hierbei in den Weg treten, sind größer, als auf anderen Gebieten der Physik, weil wir kein besonderes Sinnesorgan zur Wahrnehmung der Elektrizität besitzen. Das Ohr hört den Schall, das Auge sieht das Licht, der Temperatursinn der Hautnerven nimmt die Wärme wahr — — aber kein einziges natürliches Werkzeug offenbart uns das Vorhandensein der Elektrizität. Wir sehen und hören das Überschlagen des elektrischen Funkens und fühlen, wenn wir den Knöchel unseres Fingers dem stark elektrischen Glasstabe nähern, ein eigentümliches Prickeln — aber alle diese Erscheinungen können einzeln durch andere Ursachen gleichfalls hervorgerufen werden. Erst aus dem stetigen, ausnahmslosen Zusammentreffen aller dieser Erscheinungen schließen wir auf das Vorhandensein einer gemeinschaftlichen Ursache, die wir „Elektrizität" nennen. Zu diesem Schlusse konnte man erst nach vielen Beobachtungen und besonders angestellten Versuchen kommen. So konnten zwei Jahrtausende vergehen, ehe man begann die elektrischen Erscheinungen durch Versuche zu studieren.

Erst 145 Jahre ist es her, daß Symmer (1759) die uns bekannten Erscheinungen durch Annahme zweier elektrischer Fluida (gasförmiger Flüssigkeiten) zu erklären versuchte. Nach dieser Hypothese, welche die dualistische genannt wird, hat jeder Körper zwei gewichtslose Fluida, welche sich gegenseitig anziehen und halten, während Teilchen desselben Fluidums sich gegenseitig abstoßen. Unsere bisherige Ausdrucksweise schließt sich dieser Vorstellung an. — Wie bewährt sich nun diese Hypothese? Die Grunderscheinungen lassen sich mit Hilfe derselben recht gut erklären, aber — — was entsteht aus den sich verbindenden elektrischen Fluiden? und wo kommen

denn die unbegrenzten Mengen der elektrischen Flüssigkeiten her, die beim Reiben der Körper oder bei den Influenzversuchen erzeugt werden können? Durch die Bewegung des Reibens oder durch die Annäherung des influierenden Körpers kann doch nichts Stoffliches erzeugt werden, da die Bewegung doch nur eine Zustandsänderung des Körpers ist! Wir müssen die dualistische Hypothese fallen lassen! Wenn wir dennoch von „zwei Elektrizitäten" und vom „Fließen" oder „Strömen" der Elektrizität sprechen, so wollen wir das nur in bildlicher Redeweise tun.

Schon etwas früher als Symmer, hatten Aepinus[1] und Franklin (1750) die unitarische Hypothese aufgestellt, welche nur ein einziges elektrisches Fluidum, die positive Elektrizität, annahm. Bis in die neuere Zeit herrschte die dualistische Anschauung und hat noch jetzt viele Anhänger, da ihre Einfachheit bestechend wirkt, doch haben die neuesten wissenschaftlichen Ergebnisse die unitarische Hypothese zur Grundlage der modernen Anschauung gemacht.

Nach der unitarischen Hypothese ist ein Körper unelektrisch, wenn er ebenso viel Elektrizität enthält, als seine Umgebung; hat er mehr Elektrizität, so ist er positiv elektrisch (daher $+E$), hat er weniger Elektrizität, so ist er negativ elektrisch ($-E$). Die positive Elektrizität ist mithin ein Überschuß, die negative Elektrizität ein Mangel an Elektrizität, im Vergleich zur Umgebung. — Am besten können Sie sich die Elektrisierungsgrade in der Weise vorstellen, wie Sie es bei der — an den Thermometern abgelesenen — Temperatur gewöhnt sind. Einen willkürlichen Wärmegrad, den des schmelzenden

Eises, bezeichnen wir bekanntlich mit Null. Die Grade unter O bezeichnen wir als n e g a t i v und nennen sie Kältegrade, obgleich wir wissen, daß Kälte nur ein geringerer Grad der Wärme ist. — Bei der Elektrizität nehmen wir ebenfalls einen willkürlichen Nullpunkt — den Elektrisierungsgrad der Erde — an und sagen: Ein Körper hat positive Elektrizität, wenn er mit der Erde leitend verbunden, an diese Elektrizität abgibt, dagegen negative Elektrizität, wenn das Umgekehrte stattfindet.

Die Tatsache, daß wir (durch Reiben oder durch Influenz) unbegrenzte Mengen Elektrizität hervorrufen können, zwingt uns — wenn wir das Vorhandensein eines einzigen elektrischen Fluidums annehmen wollen — einen überall im Raume vorhandenen, gewichtslosen Stoff anzunehmen, der im unelektrischen Körper die Verluste an $\pm E$ sofort wieder ausgleicht — — das kann nur der alles durchdringende, im ganzen Weltenraum vorhandene Äther (Lichtäther oder Weltäther) sein. — Wie bei einer Wasserfläche Wellenberge und Wellentäler in unendlicher Zahl aufeinander folgen können, wenn die treibende Kraft, z. B. die des Windes, anhält, ohne daß die gesamte Wassermenge sich vermehrt oder vermindert, so können wir uns eine stellenweise Verdichtung und an einer anderen Stelle eine entsprechende Verdünnung des Äthers denken, welche in den betreffenden Körpern den elektrischen Zustand bedingt, oder eine besondere Art der Wellenbewegung des Äthers annehmen, der also Träger der Elektrizität ist. Beim Elektrisieren findet eine Übertragung der Ätherbewegung, welche wir Elektrizität nennen, von einem Ort (Körper) auf den anderen statt. Wird der Körper *A* mit dem Körper *B* gerieben und dabei ersterer positiv elektrisch, der andere negativ elektrisch, so ist gewissermaßen

in *A* ein elektrischer Berg und in *B* ein elektrisches Tal entstanden, doch ist die Gesamtmenge Elektrizität, die *A* und *B* zusammen haben, unverändert geblieben. Dasselbe ist bei einem Körper der Fall, wo durch Influenz beide Elektrizitäten getrennt, d. h. an dem einen Ende ein Überschuß, an dem anderen ein Mangel an Elektrizität erzeugt ist. Da nun bei Vereinigung von $+E$ und $-E$ nur Berg und Tal wieder zusammenfallen und das ursprüngliche Niveau wieder hergestellt wird, so kann der Vorgang der Elektrisierung beliebig oft wiederholt werden.

In neuester Zeit hat man — auf Grund der bei der Elektrolyse, d. h. der Zersetzung flüssiger Leiter beobachteten Tatsachen — angenommen, daß die Elektrizität aus kleinsten Teilchen bestände. Über die Natur dieser elektrischen Atome oder „Elektronen" wissen wir zur Zeit noch sehr wenig genaues, jedoch besteht die Ansicht, daß sich die Atome der Elemente aus Elektronen zusammensetzen. Werden den Körperatomen die negativen Elektronen entzogen, so stellt der viel unbeweglichere Rest die positiven Elektronen dar, die durch Verbindung mit einer gleichen Anzahl negativer Elektronen das neutrale oder unelektrische Körperatom bilden. Einem Körper negative Elektronen entziehen, heißt: ihn positiv elektrisch machen; einem Körper negative Elektronen zuführen, heißt: ihn negativ elektrisieren! Da nur die negativen Elektronen frei beweglich angenommen werden, scheint die Elektronen-Theorie sich mehr der unitarischen Hypothese zu nähern. Die negativen „Elektronen" sollen, der Größe nach, sich zu den Bazillen verhalten, wie die Bazillen zur Erdkugel! Nach der Kant-Laplaceschen Theorie bestand der Ur-Nebel aus gleichartigen Ur-Atomen, die sich im Laufe der Jahrmillionen, durch Anziehung, zu

den Teilchen zusammenballten, die wir jetzt die „unzerstörbaren", weil für unsere Hilfsmittel nicht zerlegbaren, Körperatome nennen. Die Elektronen könnten nun solche Ur-Atome sein (Borgmann). Hierbei brauchen wir uns nicht zu denken, daß die Elektrizität selbst etwas stoffliches sei, sondern die Elektronen (resp. ihre elektrische Ladungen) können sehr wohl aus lokalen Veränderungen des Weltäthers bestehen. Der Hauptunterschied der neuen Theorie von der alten besteht darin, daß die atomistische Anschauung auf die Elektrizität übertragen wird. Näher können wir hierauf nicht eingehen und verweisen auf W. Kaufmann: *Die Entwicklung des Elektronenbegriffes* (Naturwiss. Rundschau, XVI, 1901, No. 44 u. 45); sowie A. Righi[1] und B. Dessau: *Die Telegraphie ohne Draht*, S. 91 u. f. (Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1903).

Das Wesen der Elektrizität ist uns somit noch unbekannt — die von uns beobachteten elektrischen Gesetze dagegen behalten ihre Gültigkeit, da die auf keiner hypothetischen Voraussetzung beruhen, sondern nur ein Ausdruck für die Art und Weise sind, wie die elektrischen Kräfte aufeinander wirken.

[1] BRUNO KOLBE, *Einführung in die Elektrizitätslehre*, 2. Aufl., Band II, Seite 326.

XLII. Dynamomaschinen

„Generator oder Dynamo ist jede rotierende Maschine, die mechanische in elektrische Leistung verwandelt" (Normalien für die Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren).

Die erste Maschine, in der elektrische Ströme durch magnetelektrische Induktion erzeugt wurden, konstruierten Pixii und Dal Negro (1832). Die sich rasch weiter entwickelnden Maschinen lieferten anfangs nur Wechselstrom, später, von 1836 an, Gleichstrom; sie wurden hauptsächlich für Laboratoriumszwecke benutzt, bis W. von Siemens[1] das später zu besprechende Dynamoprinzip fand (1867). Bei der Maschine von Pixii wurde ein Hufeisenmagnet um eine vertikale Achse gedreht; bei der Maschine von Stöhrer stand der Magnet fest, während der Anker rotierte. Die Maschinen von Pixii und Stöhrer haben heute keine Bedeutung mehr, da sie aber zur Einführung in das Verständnis der neueren Maschinen geeignet sind, so soll ihnen eine kurze Besprechung gewidmet werden. *M* in Fig. 11 sei ein horizontal liegender permanenter Magnet mit den Polen *N* und *S*. Die Achse *AA'* ruht mit ihrem zugespitzten Ende *A* in einer Vertiefung in *M;* an ihrem unteren Ende

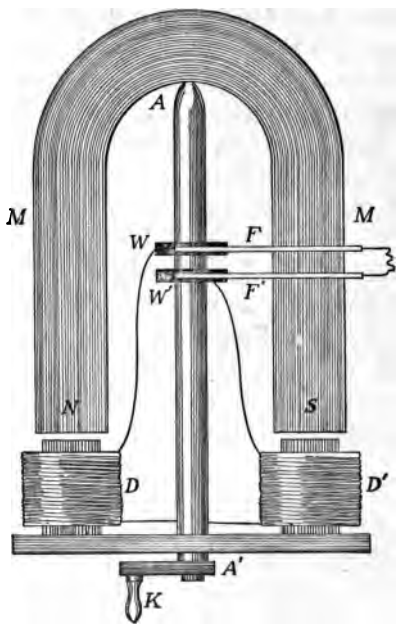


FIG. 11.

ist die Kurbel K befestigt. Mit der Achse fest verbunden ist eine Eisenplatte, auf der die beiden Induktionsspiralen D und D' stehen, in deren Hohlräumen sich weiche Eisenzylinder befinden. Ferner sieht man auf AA' zwei ringförmige Metallwülste W und W' (Schleifringe); diese sind durch isolierende Kautschukringe von der Achse getrennt. F und F' endlich sind federnde, auf M festgeschraubte Metallstreifen; dreht sich die Achse, so schleifen F und F' auf den Ringen W und W'. Die Spulen nebst den Eisenkernen und der Platte bilden den Anker. Wird der Anker aus der in der Figur fixierten Lage gedreht, so nimmt die Zahl der die Windungen durchsetzenden Kraftlinien ab, und es werden elektromotorische Kräfte induziert. Die in den einzelnen Windungen der Spule D induzierten Spannungen addieren sich, ebenso verstärken sich die in den Windungen D' erzeugten Stromimpulse. Dagegen haben die in den Windungen D induzierten Ströme die entgegengesetzte Richtung wie die Ströme in D'. Da nun der Draht auf D' im entgegengesetzten Sinne gewickelt ist, wie der Draht auf D (wie bei einem Hufeisen-Elektromagnet), so erhalten in bezug auf den äußeren Stromkreis beide Ströme dieselbe Richtung, sie verstärken sich, wie man aus der Figur 12 leicht erkennt.

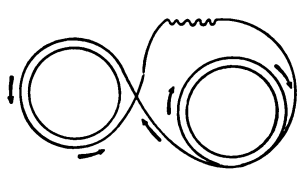


FIG. 12.

Bei Jeder Umdrehung werden sowohl in D als auch in D' zwei Ströme entgegengesetzter Richtung erzeugt. Man erhält daher in der äußeren Leitung Wechselströme.

Sollen alle Ströme in der Nutzleitung in demselben Sinne fliessen, so muß man auf der Achse statt der Schleif-

ringe *W* und *W'* eine besondere Vorrichtung anbringen, den sogenannten Kommutator. Er besteht aus einem isolierenden Ringe *r* (s. Querschnitt, Fig. 13), auf dem zwei Stücke von Metallzylindern *a* und *b* befestigt sind, die mit den Enden der Spulen *D* und *D'* verbunden werden. Zwei federnde Metallstreifen *c* und *d* drücken sich gegen den Kommutator und schleifen bei der Rotation auf ihm. Die Federn werden so gestellt, daß jede derselben in dem

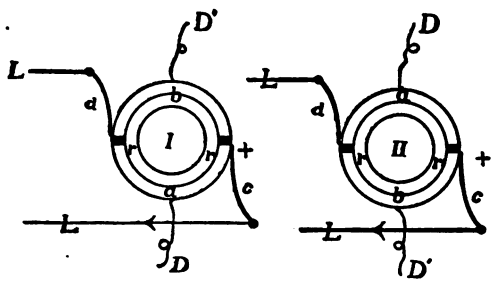


FIG. 13.

Momente, in dem die induzierte elektromotorische Kraft ihr Vorzeichen wechselt, von dem einen Halbzylinder auf den anderen übergeht (Stellung II). Man erhält jetzt pulsierenden Gleichstrom in der äußeren Leitung.

Wie in der vorstehend beschriebenen Maschine, so werden in jeder Dynamo zunächst Wechselströme erzeugt. Obschon also Wechselstrommaschinen in konstruktiver Beziehung einfacher sind als Gleichstrommaschinen, so wollen wir dennoch, einem allgemeinen Gebrauche folgend, mit den letzteren beginnen.

Im Jahre 1864 ersetzte P a c i n o t t i[1] die Induktions-spulen Pixiis durch eine fortlaufende, in sich geschlossene Ringwickelung und entdeckte den vielteiligen Kommu-

tator. Gramme[1] machte dann im Jahre 1870 nochmals dieselbe Erfindung wie Pacinotti, gab ihr jedoch eine praktische Form, die seinen Namen trägt und das Muster für alle Dynamomaschinen mit geschlossener Ankerwickelung geworden ist.*

1. Der Grammesche Ring. Ein Ring möge sich in einem gleichförmigen magnetischen Felde befinden. Ein solches erhält man angenähert, wenn man auf den Polflächen eines Hufeisenmagnets zylindrisch ausgedrehte Ansätze aus weichem Eisen befestigt (siehe Fig. 14). Die Kraftlinien werden durch die geraden Linien dargestellt. Eine Drahtschleife A befinde sich bei J_1 auf einem Holzringe und werde N genähert; die Anzahl der A durchsetzenden Kraftlinien nimmt ab; es wird also in A ein Strom induziert, der, so lange die Bewegung dauert, in demselben Sinne zirkuliert. Verschiebt man den Draht über N hinaus, so nimmt die Zahl der durch seine Fläche gehenden Kraftlinien zu; trotzdem hat der in A induzierte Strom während der Bewegung von 90° bis 180° dieselbe Richtung wie oben. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung kann folgendermaßen geführt werden. Nach dem Gesetze von Lenz muß der induzierte Strom eine solche Richtung haben, daß infolge der Wechselwirkung zwischen Strom und Magnetpol — zunächst kommt hauptsächlich N in Betracht — die Bewegung gehemmt wird. Ferner haben

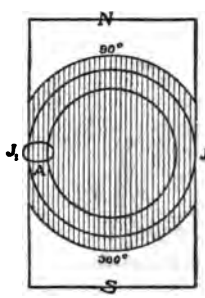


FIG. 14.

* Kapp, *Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom.* 4. Aufl. Nach Kittler, *Handbuch der Elektrotechnik.*

wir gesehen, daß man sich einen Kreisstrom, wenn man die Kräfte, die Stromleiter und Magnete aufeinander ausüben, betrachten will, durch einen Magneten senkrecht zur Ebene des Kreisstromes ersetzt denken kann. Während der Bewegung von 0° bis 90° muß der Nordpol des gedachten Magnets nach oben gerichtet sein (Abstoßung); bewegt man *A* weiter, so wendet sich, wenn der Strom in dem Drahtringe, wie behauptet wurde, seine Richtung nicht ändert, der Südpol nach oben, es erfolgt also eine Anziehung, wie es sein muß.

In der Lage 180° ist die Anzahl der durch die Fläche tretenden Kraftlinien wieder ein Maximum, bei der weiteren Bewegung nimmt sie ab; der Strom muß aber jetzt seine Richtung ändern u.s.w. Statt den Drahtring über den feststehenden Holzring zu schieben, können wir uns *A* fest auf den Ring gelegt denken und diesen letzteren rotieren lassen. Der induzierte Strom wechselt also bei jeder Umdrehung des Ringes zweimal sein Zeichen und zwar beim Durchgange durch J_1 und J_2. Eine die Punkte J_1 und J_2 verbindende Gerade heißt indifferente Linie oder neutrale Zone.

Denkt man sich den Drahtring *A* aufgeschnitten und die beiden Enden mit zwei Schleifringen verbunden, an deren Bürsten sich eine äußere Leitung anschließt, so fließt durch diese, wenn der Ring rotiert, Wechselstrom.

Wir denken uns jetzt einen Holzring mit einem langen, blanken Kupferdraht bewickelt, so daß eine in sich geschlossene Spirale mit einer größeren Anzahl von Windungen entsteht (Fig. 15). Der Ring drehe sich in einem homogenen magnetischen Felde, das durch die Pole *N*

und S erzeugt werden möge. Auf jede einzelne Windung kann man die vorigen Betrachtungen übertragen. Man kann sich also den Anker in zwei bei i und i_1 zusammenstoßende Hälften zerlegt denken, die wir als rechte und linke Hälfte unterscheiden wollen, so zwar, daß sich die in den sämtlichen Windungen der rechten Hälfte induzierten elektromotorischen Kräfte addieren, ebenso diejenigen in der linken Hälfte, während die Ströme in den beiden Teilen entgegengesetzt gerichtet sind. Nehmen wir an, daß die in der linken Hälfte induzierten Ströme nach i hinfließen, so gehen auch die Ströme, die rechts induziert werden, nach i hin. Träfen sich also die Ströme in der Spirale, so würden sie sich bekämpfen; werden sie aber durch einen Draht D, der in den beiden Indifferenzpunkten i und i_1 die Spirale berührt (Fig. 15), aufgefangen, so fließen beide, wie man aus der Figur 16 ersieht, in derselben Richtung durch D. Der Strom fließt durch die äußere Leitung nach i_1 und in die Spirale zurück, ist also geschlossen. Die Anordnung entspricht mithin zwei parallel geschalteten Elementen, d. h. die beiden Hälften der Ringwickelung sind in Bezug auf den äußeren Strom J parallel geschaltet, durch jede fließt der Strom $\frac{J}{2}$.

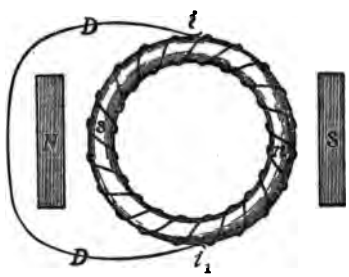


FIG. 15.

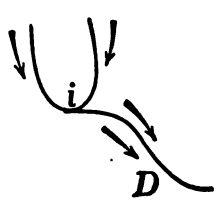


FIG. 16.

Der wirklichen Ausführung des Ringankers mit K o m m u t a t o r kommt die schematische Figur 17 nahe. Die Windungen des Ringes sind durch Drähte mit dem Kommutator verbunden. Dasjenige Stück der Wickelung, das zwischen zwei aufeinander folgenden Verbindungsdrähten liegt, bezeichnet man allgemein als Ankerspule, auch wenn dieses Stück, wie in der Figur, nur aus einer Windung besteht. Der Kommutator, der auf der Drehungsachse festgekeilt ist, besteht nun aus so vielen der Achse parallel laufenden Kupferstreifen (Lamellen), wie der Anker Spulen hat. Die Lamellen werden in Fig. 17 durch kleine Kreise dargestellt, in Fig. 18 sind sie mit *r* bezeichnet (s. auch Fig. 19). Bestehen die Ankerspulen aus zwei und mehr Windungen, so werden das Ende einer Spule und der Anfang der folgenden Spule mit derselben Lamelle verbunden. Das Ganze bildet also eine zusammenhängende Leitung (s. Fig. 18).

FIG. 17.

Ein Ringanker mit zwölfteiligem Kommutator ist in Fig. 19 abgebildet. Die Verbindungen zwischen den Lamellen des Kollektors (Kommutators) und den

Spulen werden durch doppeldrähtige Leitungsschnüre hergestellt.

Auf dem Kommutator liegen (bezw. schleifen bei der Drehung des Ankers) die Bürsten (s. Fig. 17); sie bestehen aus Kupfergewebe oder aus Kohle. Kohlenbürsten verwendet man besonders bei Maschinen für hohe Spannungen. Die Bürsten stellen, wenn der Anker rotiert, ruhende Verbindungen zwischen dem Kommutator und der äußeren Leitung dar. Wir wollen annehmen, daß die induzierten Ströme in beiden Ringhälften nach oben fließen, wie es durch die kleinen Pfeile der Fig. 17 * angedeutet wird. Die Ströme werden durch denjenigen Verbindungsdraht gesammelt, der sich in dem betrachteten Momente in der neutralen Zone befindet, fließen nach der betreffenden Lamelle, gehen von dort in die obere Bürste, gelangen, nachdem sie den äusseren Stromkreis durchflossen haben, in die untere Bürste, in die betreffende Lamelle, den Verbindungsdraht. Dort findet eine Teilung statt; die eine Hälfte durchströmt die rechte, die andere die linke Ringhälfte.

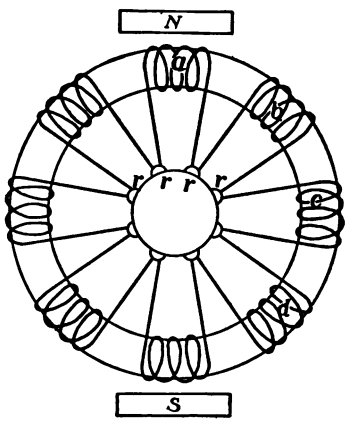


FIG. 18.

* Von der Wickelung auf den Schenkeln des Hufeisenmagnets sehen wir einstweilen ab und nehmen an, daß ein permanenter Magnet verwendet wird.

Bis jetzt haben wir angenommen, daß das Material, aus dem der Ring besteht, Holz sei. In Wirklichkeit besteht der Ankerkern aus Eisen. Dadurch, daß man Eisen in das magnetische Feld bringt, erzielt man eine Vergrößerung der wirksamen Kraftlinienzahl. Die am Nordpol austretenden Kraftlinien suchen den Ring auf, durchdringen ihn, verlassen in der Nähe des Südpols den Anker und gehen durch das die beiden P o l s c h u h e verbindende Eisen, das J o c h, zum Nordpol zurück (s. Fig. 20). Da jetzt eine in der neutralen Zone liegende Windung eine bedeutend größere Anzahl von Kraftlinien umfasst als früher, so ist die mittlere induzierte elektromotorische Kraft wesentlich größer.

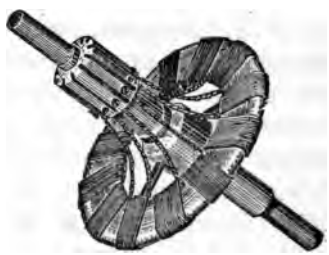


FIG. 19.

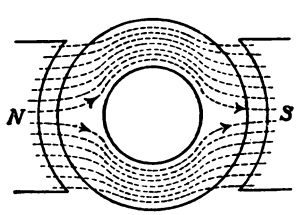


FIG. 20.

Da der durch die Ankerspulen fließende Strom in seiner Stärke schwankt,* so werden in dem Eisen Wirbelströme induziert. Um deren Entstehung tunlichst zu verhindern, verwendet man nicht einen massiven, sondern einen aus elektrisch

* Wenn eine Bürste zwei Lamellen gleichzeitig berührt, so wird die zwischen diesen Lamellen liegende Ankerspule kurz geschlossen. Dieser Kurzschluß hat Strompulsationen zur Folge, ferner ist er die Veranlassung zur Funkenbildung (Selbstinduktion in der betr. Spule).

gegeneinander isolierten Drähten oder Blechen aus weichem Eisen zusammengesetzten Kern.

2. Der Trommelanker (Trommelinduktor). Von Hefner-Alteneck[1] fand im Jahre 1872 eine andere Wickelungsart, durch die ein zweites System der Dynamomaschinen charakterisiert ist. Als Anker findet eine eiserne Trommel Verwendung, auf der die Drähte parallel zur Achse befestigt (in Nuten gelegt) werden. Wie beim Gramme-Pacinottischen Ringe werden die einzelnen Abteilungen durch Drähte mit einem vielteiligen Kommutator verbunden.

Wir denken uns zunächst auf der Oberfläche eines Zylinders zwei Drähte befestigt, die parallel zur Achse laufen und in demselben Achsenschnitte liegen (s. Fig. 21). Die vordern Drahtenden 1 und 2 sind mit den beiden Teilen *a* und *b* des Kommutators, die anderen Enden 1′ und 2′ miteinander verbunden. Rotiert der Trommelanker in einem magnetischen Felde, so werden die beiden Drähte von Kraftlinien geschnitten. Da die Bewegungsrichtungen der beiden Drähte stets entgegengesetzte sind — bewegt sich z. B. der eine nach oben, so geht der andere nach unten —, so haben die in ihnen induzierten elektromotorischen Kräfte immer verschiedene Vorzeichen. Trotzdem addieren sie sich, wie die elektromotorischen Kräfte bei zwei hintereinander geschalteten Elementen. Haben die Bürsten *c* und *d* * eine solche

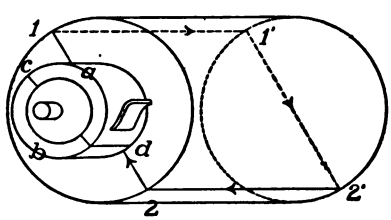


FIG. 21.

* In der Figur ist nur eine Bürste sichtbar.

Lage, daß sie von einem Kommutatorteile auf den anderen übergehen, wenn die Ebene des Drahtrechtecks senkrecht auf den Kraftlinien steht, so fließt durch eine an die Bürsten angeschlossene äußere Leitung der elektrische Strom stets in derselben Richtung.

In der schematischen Figur 22 besteht die Wickelung aus zwei Windungen, die übereinander liegen; die Enden sind mit dem zweiteiligen Kommutator *K* verbunden; das zweipolige Magnetsystem wird durch die kleinen, zu

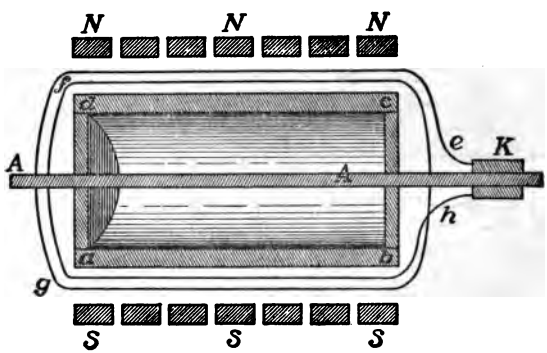


FIG. 22.

hufeisenförmigen Magneten gehörenden Pole *N* und *S* dargestellt. Diese Anordnung entspricht vier hintereinander geschalteten Elementen. Die an der Kommutator- und der dieser gegenüberliegenden Seite liegenden Drahtstücke dienen nur dazu, die wirksamen Teile der Wickelung in Serie zu schalten.

Der induzierte Strom schwankt in seiner Stärke periodisch. Dadurch, daß man die Anzahl der Spulen vergrößert und einen vielteiligen Kommutator verwendet, werden die Schwankungen vermindert.

Einen Trommelanker mit vierteiligem Kommutator und vier Rechtecken zeigt Figur 23. Die Drähte stehen senkrecht zur Papierebene (unterhalb derselben); ihre sichtbaren Enden sind mit 1 bis 8 bezeichnet. Auf der Rückseite der Trommel sind die Drähte 1 und 2, 3 und 4, 5 und 6, 7 und 8 miteinander verbunden. Die Hintereinanderschaltung der einzelnen Rechtecke wird hergestellt durch die vier Drähte an der Vorderseite. Diese sind mit den gegeneinander isolierten Segmenten des Kommutators verbunden, auf dem die Bürsten b_1, b_2 schleifen. Werden in den Drähten 7, 4, 5, 2 Ströme induziert, die nach dem Beschauer hin fließen, so fließen die Ströme in den Drähten 6, 1, 8, 3 von dem Beschauer weg (nach unten). Den nach b_1 fließenden Strom kann man sich aus zwei Strömen zusammengesetzt denken, von denen der eine aus dem Drahte 4, der andere aus dem Drahte 5 kommt. Nennt man die nicht sichtbaren Enden der auf der Zylinderfläche liegenden Drähte 1′, 2′ etc. bis 8′, so ist der Verlauf des ersten Stromes folgender:

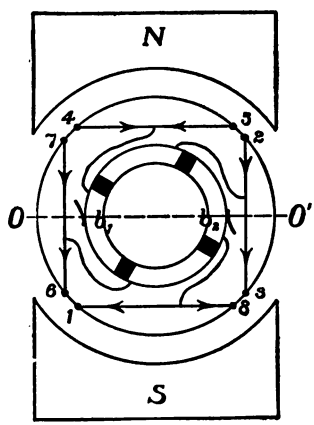


FIG. 23.

1 1′, 1′ 2′ (Verbindungsdraht auf der Rückseite), 2′ 2, 2 3, 3 3′, 3′ 4′, 4′ 4, durch den Verbindungsdraht zum Kommutator, nach b_1, durch den äußeren Stromkreis, nach b_2, nach 1 zurück.

Der zweite Strom nimmt folgenden Weg:

8 8′, 8′ 7′, 7′ 7, 7 6, 6 6′, 6′ 5′, 5′ 5, durch den Verbindungsdraht nach dem Kommutator, nach b_1, durch den äußeren Stromkreis, nach b_2, nach 8 zurück.

Ein Modell eines Trommelankers mit acht Spulen, jede aus zwei Windungen bestehend, und achtteiligem Kommutator zeigt die Fig. 24. Die Polschuhe hat man sich oben und unten, die Trommel umfassend zu denken. Anfang und Ende der einzelnen Spulen sind durch einen

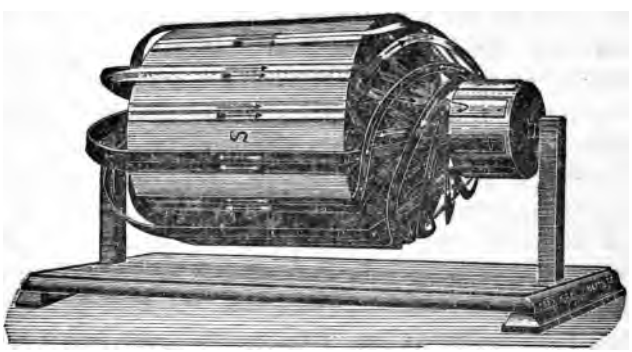


FIG. 24.
Trommelanker mit 8 Spulen.

umgebogenen Draht mit dem Kommutator verbunden; es schließt sich also das Ende einer Spule an den Anfang einer benachbarten an.

3. Mehrpolige Maschinen. Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich auf Maschinen mit zwei Polen. Bei Maschinen für größere Leistungen vermehrt man indessen die Anzahl der Pole und baut vierpolige, sechspolige etc. Maschinen. Die Pole werden in einem Kreise so angeordnet, daß die Polschuhe gleiche Abstände haben und

Nord- und Südpole abwechseln. Wenn ein Ringanker für eine vierpolige Maschine benutzt wird, so sind vier Bürsten bezw. Bürstenreihen erforderlich, die in gleichen Abständen rund um den Kommutator herum angebracht werden müssen. Da die erste und dritte Bürste gleiches Potential haben, so können sie miteinander verbunden werden, ebenso die zweite und vierte Bürste (Parallelschaltung). Die Ankerwickelung zerfällt dann in vier Abteilungen, die elektromotorische Kraft der Maschine ist gleich derjenigen einer Abteilung. Soll die vierpolige Maschine nur mit zwei Bürsten ausgerüstet werden, so wird die Parallelschaltung schon im Anker vorgenommen, indem je zwei sich diametral gegenüberliegende Spulen durch einen (halbkreisförmigen) Draht miteinander verbunden werden (Mordey-Schaltung). Die beiden Bürsten erhalten jetzt einen Abstand von 90°. Bei Maschinen mit 6, 8 etc. Polen kann man natürlich wie bei der vierpoligen die Parallelschaltung entweder bei den Bürsten oder im Anker herstellen; im letzteren Falle sind Ankerspulen, in denen gleich große und gleich gerichtete Spannungen induziert werden, miteinander zu verbinden. Der Bürstenabstand beträgt bei einer sechspoligen Maschine 60° oder 180°.

Auch bei der mehrpoligen Wickelung mit Serienschaltung kann die Zahl der Bürsten auf zwei reduziert werden.

Man sieht oft Maschinen, bei denen die Bürsten nicht zwischen den Polen, sondern diesen gegenüber liegen. Zu bemerken ist hier, daß die Lage der Bürsten von der Art abhängig ist, wie man die Ankerdrähte mit den Lamellen des Kommutators verbindet. Denken wir uns z. B. in Figur 18 die Verbindungsdrähte etwas länger gewählt als nötig ist, so daß wir den Kommutator etwas drehen

können. Offenbar müssen die Bürsten, wenn der Kommutator (allein) gedreht wird, um den Drehungswinkel verschoben werden. Bei Ringankern würde diese Verzerrung zwecklos, ja sogar unpraktisch sein; bei den Trommelankern jedoch können die Ankerdrähte mit den Lamellen, ohne daß die Herstellung komplizierter wird, so verbunden werden, daß die Bürsten den Mitten der Polschuhe gegenüber liegen (siehe auch Ankerrückwirkung). Verbindet man z. B. in Figur 23 den Draht 4, 5 mit dem oberen Teile des Kommutators, den Draht 2, 3 mit dem rechten etc., so muß man die Bürsten um 90° verschieben.

4. Das dynamoelektrische Prinzip. Die in einer Dynamomaschine induzierte elektromotorische Kraft ist unter sonst gleichen Umständen um so größer, je stärker die Feldmagnete sind. Man ging daher nach der Erfindung der elektrischen Maschinen bald dazu über, statt permanenter Magnete Elektromagnete zu verwenden. Diese wurden aus einer besonderen Stromquelle gespeist —Fremderregung. W. Siemens war der Erste, der den in der Maschine selbst erzeugten Strom für die Erregung der Feldmagnete benutzte; er fand das sogenannte dynamoelektrische Prinzip (im Jahre 1867). Es sei in der schematischen Figur 25 *G* der Anker (ein Grammescher Ring) einer Dynamo, *F* und *F'* seien die Bürsten. Ehe der Strom in die äußere Leitung *K K'* gelangt, durchfließt er die Wickelung eines Elektromagnets. Da Eisen, das einmal magnetisiert ist, einen Teil seines Magnetismus zurückbehält, so dürfen wir annehmen, daß eine geringe Anzahl von Kraftlinien vorhanden ist, wenn die Maschine (auch nach längerer Ruhepause) in Betrieb gesetzt wird. Es wird also zu-

nächst, wenn der Anker anfängt sich zu drehen und der äußere Stromkreis geschlossen ist, ein Strom von geringer Intensität erzeugt. Durch diesen wird der Magnetismus des Elektromagnets etwas verstärkt. Da die Ankerdrähte jetzt eine größere Anzahl von Kraftlinien schneiden, so wird der Strom stärker. So steigern sich Strom und Magnetismus gegenseitig, und zwar kann diese Steigerung so lange fortdauern, bis der Elektromagnet gesättigt ist.

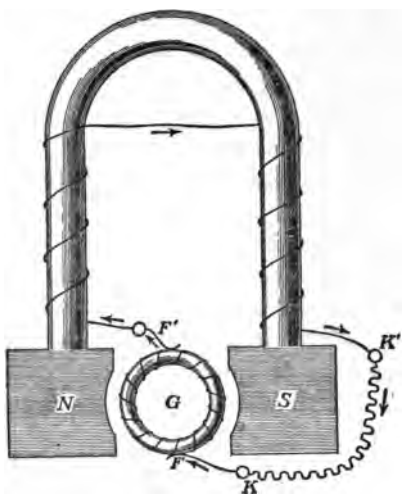


FIG. 25.

Mit Rücksicht auf die Schaltung der Erregerspulen werden die Gleichstrommaschinen eingeteilt in:

5. Hauptstrom-, Nebenschluß- und Compoundmaschinen. Dynamos, bei denen der ganze Ankerstrom, wie eben angenommen wurde, für die Erregung der Feldmagnete benutzt wird, nennt man Hauptstrommaschinen, auch Hauptschluß- oder Serienmaschinen. Anker, Magnetbewickelung und äußerer Stromkreis sind also bei diesen Maschinen hintereinander (in Serie) geschaltet (s. Fig. 25). Da der Erregerstrom eine große Stärke hat, so genügt es, eine Magnetbewickelung zu benutzen, die aus einer verhältnismässig geringen Anzahl von Windungen (eines dicken Drahtes) besteht.

Die Nebenschlußmaschine erhält man, wenn man nur einen Teil des im Anker erzeugten Stromes als Erregerstrom benutzt. Das Schema zeigt uns Figur 26. Der Ankerstrom teilt sich bei *c;* ein Teil, den wir i_1 nennen wollen, fließt in der Richtung des kleinen Pfeiles durch die zahlreichen Windungen aus dünnem Drahte des Elektromagnetschenkels, von dort gelangt er in den Regulierwiderstand *R*, geht durch die rechtseitigen Windungen des Erregerkreises und fließt endlich durch die Bürste b_2 zum Anker zurück. Der Hauptstrom i_2 durchfließt die Nutzleitung *N;* diese und der Erregerkreis sind also parallel geschaltet (der Erregerkreis bildet einen Nebenschluß).

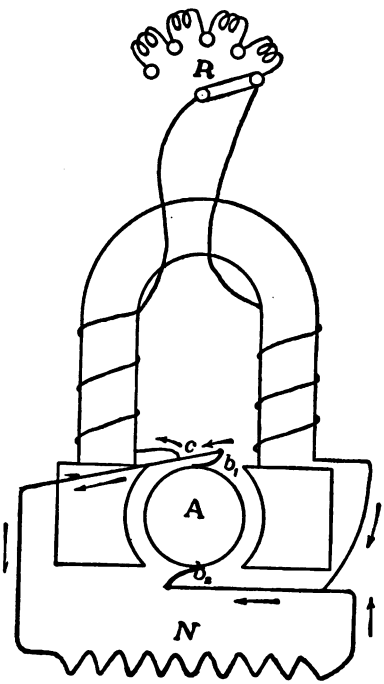


FIG. 26.

Verringert man bei einer bestimmten Klemmenspannung (Potentialdifferenz der Klemmen bezw. Bürsten) den Widerstand im Nebenschlusse dadurch, daß man einen Teil des Regulierwiderstandes ausschaltet, so wächst der Erregerstrom i_1, und es wird, falls die Feldmagnete

nicht schon vorher (d. h. durch den früheren Strom i_1) bis zur Sättigungsgrenze magnetisiert waren, das Feld verstärkt. Dies hat, wenn die Maschine mit konstanter Tourenzahl läuft, zur Folge, daß die elektromotorische Kraft wächst. Da man mit Hilfe des Rheostates R die Spannung regulieren kann, so nennt man ihn Regulator.

Bei den Verbund- oder Compoundmaschinen, auch Maschinen mit gemischter Schaltung genannt (s. Fig. 27), hat der Feldmagnet eine doppelte Wickelung: die eine besteht aus einer verhältnismässig geringen Anzahl von Windungen eines dicken Drahtes; sie ist mit dem äußeren Stromkreise in Serie geschaltet, wird also vom Hauptstrome durchfloßen. Die zweite Wickelung wird aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes gebildet und liegt im Nebenschluß. Sind die beiden Bewickelungen richtig gegeneinander abgeglichen (durch richtige Wahl der Windungszahlen und, soweit die Nebenschlußwickelung in Betracht kommt, des Widerstandes), so hat die Klemmenspannung bei den verschiedensten Belastungen und konstanter Umdrehungszahl ungefähr gleiche Größe.

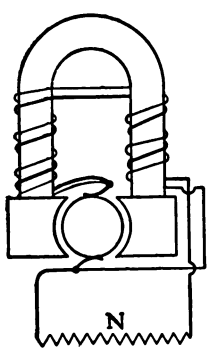


FIG. 27.

Nehmen wir z. B. an, daß die Stromstärke infolge einer Verringerung des äußeren Widerstandes steigt; es wird dann natürlich auch die Hauptwickelung von einem stärkeren Strome durchfloßen; das bedeutet aber eine Vergrößerung der Feldstärke bezw., der elektromotorischen Kraft. Anderseits hat der stärkere Strom eine Zunahme des Spannungsabfalles im Anker (s. auch Ankerrück-

w i r k u n g) und diese wiederum eine Verringerung der Klemmenspannung sowie eine Abnahme des Nebenschlußstromes zur Folge. Wird die Vergrößerung der Ampèrewindungen der Hauptwickelung durch die Verringerung der Ampèrewindungen des Nebenschlußes und durch die Zunahme des Spannungsabfalles kompensiert, so bleibt die Klemmenspannung innerhalb weiter Grenzen (nahezu) konstant. Die Compoundierung wird also lediglich durch den Hauptstrom bewirkt. Durch Vergrößerung der Anzahl der Hauptwindungen kann man es erreichen, daß die Klemmenspannung wächst, wenn die Belastung zunimmt; die Maschine ist dann übercompoundiert.

Der kurzen Charakterisierung der drei Maschinenarten sollen noch einige Bemerkungen über ihre Verwendung folgen. Wir wollen annehmen, daß eine Hauptstrommaschine einen Strom von J Amp. in den äußeren Stromkreis sendet. Wächst jetzt der äußere Widerstand, so wird der Strom aus zwei Gründen kleiner als J, zunächst nämlich, weil der vergrößerte Widerstand, auch wenn die elektromotorische Kraft unverändert bliebe, eine Abnahme der Stromstärke zur Folge hat; die elektromotorische Kraft bleibt aber — und das ist der zweite Grund — nicht auf der früheren Höhe, weil mit der Stromstärke das magnetische Feld abnimmt. In elektrischen Anlagen, bei denen der äußere Widerstand innerhalb weiter Grenzen schwankt, werden Hauptstrommaschinen kaum gebraucht, zumal sie sich auch nicht für die Ladung von Akkumulatoren eignen; man findet sie bei sogenannten Hauptstromkraftübertragungen, ferner wenn eine größere Reihe von Bogenlampen in Hintereinanderschaltung brennen soll.

Nebenschlußmaschinen haben den großen Vorzug, daß die Spannungsregulierung innerhalb weiter Grenzen erfolgen kann. Wird ferner der Strom in der Nutzleitung unterbrochen, so wird die Maschine nicht stromlos, denn die Elektromagnetwickelung bildet noch eine die beiden Klemmen verbindende Leitung. Die Maschine bleibt also unter Spannung und kann, wenn in der Nutzleitung der Strom wieder geschlossen wird, sofort mit voller Kraft einsetzen. Ein anderer Vorzug der Nebenschlußmaschine besteht darin, daß sie bei plötzlich eintretendem Kurzschlusse fast stromlos wird. Die Klemmenspannung sinkt dann nämlich stark (Spannungsverlust im Anker und Rückwirkung.) Nun ist aber der durch den Erregerkreis fließende Strom i_1 gleich der Klemmenspannung e, dividiert durch den Widerstand in der Elektromagnetwickelung; wenn also e kleiner wird, so nimmt i_1 ab, d. h. das magnetische Feld wird geschwächt. Endlich ist zu erwähnen, daß man Nebenschlußmaschinen leicht parallel schalten kann, und daß sie für die Ladung von Akkumulatoren geeignet sind. Wegen der genannten Vorzüge findet die Nebenschlußmaschine in elektrischen Anlagen ausgedehnte Verwendung.

Wie wir gesehen haben, arbeiten Compoundmaschinen bei den verschiedensten Belastungen mit nahezu konstanter Klemmenspannung. Sie sind daher in Anlagen mit stark schwankendem Konsum am Platze, bei denen Akkumulatoren * keine Verwendung finden (reine Kraftverteilungsanlagen, Straßenbahnzentralen).

6. Ankerrückwirkung oder Ankerreaktion. Wenn man die Bürsten einer Dynamo in die neutrale Zone bringt

* Diese wirken, wenn Nebenschlußmaschinen benutzt werden, ausgleichend.

und dem Anker Strom entnimmt, so beobachtet man, daß sich zwischen den Bürsten und dem Kommutator Funken bilden. Die Funkenbildung wird um so stärker, je mehr man den Ankerstrom vergrößert. Ferner findet man, daß die Klemmenspannung der Maschine stark zurückgeht. Um die Funkenbildung zu verringern, muß man die Bürsten aus der neutralen Zone im Sinne der Drehung des Ankers verschieben. Der Hauptgrund für die genannten Erscheinungen liegt in der Rückwirkung des Ankerstromes auf das magnetische Feld. Diesem Strome entspricht nämlich ebenfalls ein magnetisches Feld, dessen Kraftlinien aber einen anderen Verlauf haben wie die Kraftlinien, die von den Polen der Feldmagnete ausgehen und in den Ankerkern eintreten. Wie man sich nun zwei Kräfte durch eine Kraft ersetzt denken kann, so kann man sich die beiden magnetischen Felder durch ein Feld ersetzt denken. Die Kraftlinien des resultierenden Feldes bilden mit der Achse der Feldmagnete einen gewissen Winkel. Die in Fig. 15 mit i und i_1 bezeichneten Stellen sind jetzt nicht mehr diejenigen, denen die größte Kraftliniendichte entspricht; sie liegen nicht mehr in der neutralen Zone, man muß also eine Bürstenverschiebung vornehmen.

Besonders stark ist die Ankerrückwirkung, wenn man einer Dynamo, die so erregt ist, daß ihre Spannung weit unter der normalen liegt, Strom entnimmt. Man beobachtet dann einen starken Abfall der Klemmenspannung.

7. Leistung der Gleichstrommaschinen und Wirkungsgrad. Unter der Leistung einer Dynamo ist die an den äußeren Stromkreis abgegebene zu verstehen. Sie ist also bestimmt durch das Produkt aus der Klemmen-

spannung und der Stärke des durch das Hauptkabel fließenden Stromes. Die Leistung wird in Kilowatt angegeben.

Angenommen, eine Dynamo gebe längere Zeit einen konstanten Strom ab. Die Ankerdrähte, der Kommutator und die Verbindungsdrähte erwärmen sich dann, und die Temperatur steigt so lange, bis sich ein stationärer Zustand ausgebildet hat. Welche Höhe die Endtemperatur hat, hängt natürlich von der Stromstärke ab. Erreicht die Temperatur einen zu großen Betrag, so kann die Isolation der Drähte Schaden leiden; es können sich Nebenschlüsse oder Kurzschlüsse in der Maschine bilden. Berücksichtigen wir noch, daß im allgemeinen bei elektrischen Anlagen die Dynamos mit (angenähert) konstanter Spannung arbeiten, so folgt, daß eine elektrische Maschine dauernd nur eine bestimmte Leistung abgeben darf; diese nennt man die normale Leistung. Sie wird auf einem Schild, dem Leistungsschild, angegeben, das auf dem Gehäuse der Maschine angebracht ist.

Wenn eine Dynamo ihre normale Leistung beliebig lange abgibt (Dauerbetrieb), so dürfen die Temperaturen der Drähte gewisse Grenzen nicht überschreiten, deren Höhe sich nach der Beschaffenheit des Isolationsmaterials richtet. (Näheres siehe „Normalien zur Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren".)

Die Umwandlung von mechanischer Arbeit in elektrische Energie, wie sie in den Dynamomaschinen erfolgt, ist notwendig mit Verlusten verknüpft. Diese bestehen aus der Arbeit, die zur Überwindung der Reibung (in den Lagern, zwischen dem rotierenden Anker und der Luft, sowie zwischen den Bürsten und dem Kommutator) verbraucht wird, der im Anker und der Magnetbewickelung

in Stromwärme umgewandelten Energie und den sogenannten Eisenverlusten (Wirbelströme und Hysteresis). Zieht man alle die genannten Verluste, auf die Sekunde bezogen, von der zugeführten, d. h. von der Antriebsmaschine auf die Dynamo übertragenen Leistung (sekundlichen Arbeit) ab, so erhält man den n u t z b a r e n E f f e k t, d. h. denjenigen elektrischen Effekt, über den man außerhalb der Maschine nach Belieben verfügen kann.

W. BERMBACH, *Der elektrische Strom*, 3. Aufl., Seite 158; Otto Wigand, Leipzig.

XLIII. Elektrische Beleuchtung

I. GLÜHLAMPEN

(*a*) **Kohlenfadenlampe.** Früher stellte man den Glühfaden aus Bambusfasern o. dergl. her; jetzt benutzt man meistens Zellulose. Man treibt die breiartige Masse durch eine enge Drüse. Um den (glänzend weißen) Fäden die gewünschte Form zu geben, wickelt man sie auf Graphitblöcke. Das Verkohlen erfolgt in Graphittiegeln unter Luftabschluß in den sogen. Karbonisieröfen.

Um gleichmäßigen Durchmesser zu erzielen, bringt man die Fäden in einen mit Kohlenwasserstoffgasen angefüllten Raum und erhitzt sie mittels des elektrischen Stromes. Durch die Hitze werden die Gase in der Nähe des Fadens dissoziiert (zerlegt), und zwar wird graphitischer Kohlenstoff frei; dieser schlägt sich auf dem Faden nieder. Die Ablagerung des Kohlenstoffs erfolgt offenbar an den Stellen am stärksten, welche die höchste Tempera-

tur besitzen, das sind aber die dünnsten Stellen des Fadens. Durch dieses Verfahren bewirkt man auch, daß der Faden eine glänzende und dichte Oberfläche erhält (Präparatur).

Die fertigen Glühfäden werden in das Innere eines Glasgefässes (Birne, Kugel oder dergl.) geschoben. Damit man nun den elektrischen Strom dem Faden zuführen kann, muß man in die Glaswand zwei Drähte einsetzen, und zwar müssen diese denselben Ausdehnungskoeffizienten haben wie Glas. Da sich Platin von allen Metallen allein fast genau so stark bei der Erwärmung ausdehnt wie Glas, so ist man trotz des hohen Preises dieses Metalles auf seine Verwendung angewiesen.

An jedes Platindrähtchen schließt sich nach innen ein Nickeldraht, nach außen ein Kupferdraht an. Die Nickeldrähte, die an ihrem oberen Ende mit einer Hülse zur Befestigung der Kohlenfäden versehen sind, gehen, damit sich ihr Abstand nicht ändert, durch ein kleines Glasstäbchen hindurch.

An der Glasbirne befindet sich ein Ansatzrohr. Dieses wird mit der Luftpumpe verbunden. Die Evakuierung hat hauptsächlich den Zweck, den Luftsauerstoff zu entfernen. Dieser würde sich mit dem glühenden Faden zu Kohlensäure verbinden. Bei der Evakuierung bedient man sich, um hohes Vakuum zu erzielen, der Quecksilberluftpumpe. Nachdem das Ansatzrohr dicht an der Birne abgeschmolzen worden ist, wird die Lampe in den Lampensockel oder Lampenfuß eingesetzt. Der Edisonsche Fuß besteht aus einem mit einem Gewinde versehenen Teile (*G* unten in Fig. 29) und dem Boden *F*. An diese beiden Teile, die gegeneinander isoliert sind, werden die aus der Birne herausragenden Zuleitungsdrähte befestigt. Der Zwischenraum zwischen Birne und Sockel wird durch

Gips oder eine Mischung aus Gips, Glyzerin und Bleiglätte ausgefüllt.

Lampenspannung. Soll eine Glühlampe eine ihrem Preise angemessene Anzahl von Stunden brennen, so darf der durch den Glühfaden fließende Strom einen gewissen Betrag nicht übersteigen, oder die Temperatur des Fadens darf über eine gewisse Höhe nicht hinausgehen. Die betreffende Stromstärke werde mit *i* bezeichnet. Wenn der stationäre Zustand eingetreten ist, hat der Glühfaden einen gewissen Widerstand, der *w* Ohm betragen möge.* Die normale Spannung zwischen den Enden der Zuführungsdrähte hat also den Wert *i. w.* Volt. Herrscht umgekehrt an den Enden des Glühfadens die Spannung *i. w.* Volt, so fließt durch die Lampe ein Strom von der gewünschten Stärke. Es genügt also zu wissen, bei wieviel Volt Spannung die Lampe brennen soll. Diese Spannung wird auf dem Sockel angegeben. Auch verhältnismäßig geringe Erhöhungen der Spannung über die normale hinaus sind der Lampe schädlich.

Altersbeschlag, Lebensdauer. Man beobachtet bei Glühlampen, daß sich nach einer größeren Anzahl von Brennstunden auf der Innenseite des Glasgefässes ein dunkler Niederschlag bildet; diesen nennt man den Altersbeschlag. Er besteht aus Substanz in sehr fein verteiltem Zustande, die sich von den in der Birne eingeschlossenen Leitern, hauptsächlich von dem Kohlenfaden, abgelöst hat. Da der im Laufe der Zeit immer

* Der Widerstand des Kohlenfadens nimmt bei Temperaturerhöhung ab. Wenn die Lampe mit der normalen Spannung brennt, so ist *w* etwa nur halb so groß wie bei gewöhnlicher Temperatur. Steigt die Lampenspannung, so nimmt der Strom schnell zu, weil nämlich *i* größer und zugleich *w* kleiner wird.

dunkler werdende Altersbeschlag Licht absorbiert, so nimmt die Ökonomie der Lampe mit der Brenndauer ab, d. h. der spezifische Verbrauch (gleich Wattzahl pro Kerze) wird größer. Ein anderer Grund für die Verringerung der Ökonomie ist der, daß der Widerstand des Fadens allmählich größer wird. Da man die Lampe immer mit derselben Spannung brennen läßt, so verringert sich die Stromstärke und mit dieser die Temperatur des Fadens. Eine geringe Temperaturerniedrigung hat aber eine große Abnahme der Helligkeit zur Folge.

Der Wirkungsgrad der Kohlenfadenlampen beträgt nur 3–5%; es werden also 95–97% der der Lampe zugeführten Energie in unsichtbare Strahlen (Wärme) umgesetzt.

(*b*) **Die Osmiumlampe.** Auer von Welsbach,[1] dem Erfinder des Gasglühkörpers, ist es gelungen, aus Osmium, das ein sprödes, hartes, sehr schlecht zu bearbeitendes Metall ist, Glühfäden herzustellen. Statt aus reinem Osmium werden auch Fäden aus einem Gemenge Osmium und seltenen Erden oder aus einer Osmiumlegierung mit einem Oxydüberzug oder endlich aus Osmium mit einem Gehalt an Kohlenstoff angefertigt. Der Faden wird in einen evakuierten Glasbehälter eingeschlossen.

Das Osmium kann, ohne daß es schmilzt, bis zu einer sehr hohen Temperatur erhitzt werden, so daß man, da die Lichtemission mit der Temperatur sehr schnell steigt, einen (relativ) hohen Wirkungsgrad erzielt. Der Stromverbrauch beträgt pro Kerze nur etwa 1,6 Watt (3–4 Watt bei Kohlenfadenlampen). Die Lebensdauer der Osmiumlampe ist eine größere als diejenige der gewöhnlichen Glühlampe. Ein Mangel der Lampe ist darin zu erblicken, daß sie mit verhältnismäßig geringer Spannung (bis zu

44 Volt) und in senkrechter Lage brennen muß. Jedoch werden neuerdings auch Osmiumlampen fabriziert, die in schräger Lage brennen können. Wie man aus der Figur 28 ersieht, werden bei diesen die Glühfäden verankert.

(*c*) **Die Tantallampe.** Tantal wird aus Kolumbiten und Tantaliten durch Behandlung mit Flußsäure als Metallpulver gewonnen. Es verträgt im Vakuum eine Temperatur von 2250–2300°, bevor es zu schmelzen beginnt. Wegen des geringen spezifischen Widerstandes ergab sich bei der Herstellung der Tantallampe die außergewöhnliche Forderung, einen Leuchtfaden von etwa 2/3 m Länge, 110 Volt Lampenspannung entsprechend, auf zweckmäßige und zuverlässige Weise innerhalb eines Glasgefässes unterzubringen, das die Abmessungen der gewöhnlichen Glühlampe nicht wesentlich überschreitet. Die Aufgabe ist von Siemens & Halske[1] in der Weise gelöst worden, daß die gesamte Drahtlänge in kurze, an ihren Enden durch isolierte Halter gestützte geradlinige Strecken unterteilt wird (s. Fig. 29). Anfang und Ende des zickzackförmig zwischen den isolierten Armen hin- und hergezogenen Drahtes sind durch Platindrähte *P* mit dem Lampenfuß ver-

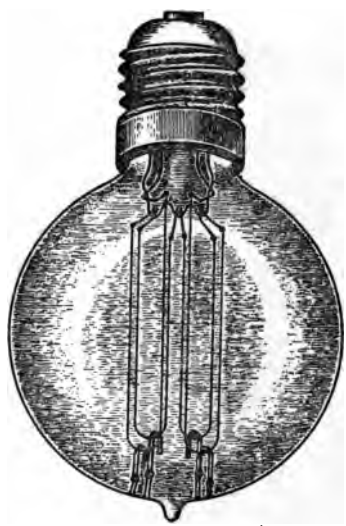


FIG. 28.

bunden.* Vorzüge der Lampe sind, daß sie schönes, weißes Licht aussendet und nur den halben Strom der gewöhnlichen Glühlampen gleicher Spannung und Lichtstärke verbraucht.

(*d*) **Die Nernstsche**[1] **Lampe.** Die Umwandlung der elektrischen Energie in Licht ist bei den gewöhnlichen Glühlampen deshalb eine sehr ungünstige, weil man die Temperatur nicht hoch genug steigern kann. Eine günstigere Ökonomie läßt sich nach Nernst mit Hilfe der sehr hitzebeständigen Leiter zweiter Klasse erreichen. Es kommen hier hauptsächlich das Oxyd des Magnesiums, die sogen. Magnesia, ferner die Oxyde der seltenen Erden (Thoroxyd, Zirkonoxyd) in Betracht. Diese Substanzen, die zu den Elektrolyten zu rechnen sind, leiten bei gewöhnlicher Temperatur den elektrischen Strom sozusagen gar nicht; bei höheren Temperaturen aber werden sie zu überraschend guten Leitern.

FIG. 29.

Der Nernstsche Glühkörper ist ein aus einer porzel-

* Der Draht zieht sich während des Brennens zusammen; der anfangs glatte Faden erhält ferner eine wellige Oberfläche. — Bemerkenswert ist noch das Verhalten der Lampe beim Durchbrennen des Leuchtdrahtes. Während bei allen anderen Glühlampen das Durchbrennen gleichbedeutend ist mit Zerstörung, kann es bei Tantallampen vorkommen, daß sie mehrere Male durchbrennen, ohne zu erlöschen.

lanähnlichen Masse geformtes Stäbchen. Es wird an seinen beiden Enden mit einem sehr feinen Platindrahte umwickelt; die Umwickelungsstelle wird mit einer Paste überdeckt, die aus dem gleichen Material besteht wie das Stäbchen. An die Platindrähte werden die Zuleitungsdrähte befestigt. Der Glühkörper wird nicht in ein Vakuum eingeschlossen.

Da der Elektrolyt-Glühkörper bei gewöhnlicher Temperatur den Strom nicht leitet, so muß eine Vorwärmung erfolgen. Am einfachsten ist natürlich die Vorwärmung mittels einer Flamme (Spiritusflamme). Von den selbsttätigen Vorwärmungsmethoden hat die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin die folgende ausgewählt. Aus sehr dünnem Platindrahte wird eine Spirale (*H*, in Fig. 30) hergestellt; diese wird, um sie vor der enormen Hitze des Glühkörpers zu schützen, mit einer sehr dünnen Schicht feuerfesten Materials überzogen. Die den Glühkörper *G* in weiten Windungen umgebende Heizspirale wird dem Glühkörper parallel geschaltet. Beim Einschalten der Lampe geht der Strom zunächst durch die Heizspirale, die rotglühend wird.* Durch die in dem Platindrahte erzeugte Wärme wird der Glühkörper in 20–30 Sekunden so stark erhitzt, daß er den Strom leitet. Wenn letzteres der Fall ist, wird die Heizspirale durch eine besondere Vorrichtung,

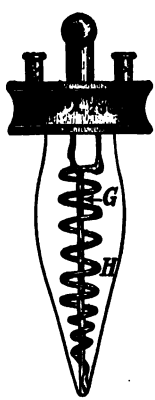


FIG. 30.

* Man kombiniert auch eine Nernst-Lampe mit einer oder zwei gewöhnlichen Glühlampen. Beim Einschalten brennt zunächst die gewöhnliche Glühlampe; diese wird, sobald die Nernst-Lampe zu leuchten beginnt, selbsttätig ausgeschaltet

deren Hauptbestandteil ein Elektromagnet ist, ausgeschaltet.

Ein wichtiger Bestandteil der Nernst-Lampe ist der Vorschaltwiderstand. Die Elektrolyt-Glühkörper zeigen Spannungserhöhungen gegenüber ein merkwürdiges Verhalten. Steigt die Spannung um nur wenige Prozente, so wächst die Stromstärke um einen verhältnismäßig hohen Betrag. Hat man die Spannung bis zu einer gewissen Höhe gesteigert, so beobachtet man, daß ohne jede weitere Änderung der Spannung die Stromstärke zuerst langsam, dann schnell zunimmt, bis der Glühkörper durchbrennt. Es gibt daher für jeden Elektrolyt-Glühkörper eine Spannung, die nicht erreicht werden darf, wenn eine Zerstörung vermieden werden soll (kritische Spannung). Die Differenz zwischen dieser und der Spannung, bei der der Glühkörper brennen soll, ist relativ klein und befindet sich innerhalb der Grenzen der Spannungserhöhungen, die in elektrischen Anlagen vorkommen können. Bei einem direkt an das Leitungsnetz einer Zentrale angeschlossenen Nernstschen Glühkörper ist also die Gefahr vorhanden, daß er infolge zu starken Stromes durchbrennt. Diese Gefahr wird bedeutend verringert, wenn vor den Glühkörper ein Widerstand geschaltet wird, der einen hohen positiven Temperaturkoeffizienten hat. Hierfür benutzt man Eisen. Da sich dieses besonders bei stärkerer Erwärmung mit Sauerstoff verbindet, so wird der Vorschaltwiderstand in ein Gefäß eingeschlossen, das mit einem indifferenten Gase (Wasserstoff, Stickstoff) angefüllt ist. Damit sich der Vorschaltwiderstand bei anwachsender Stromstärke schnell erwärmt (sein Widerstand schnell wächst), benutzt man feine gezackte Drähte (s. Fig. 31).

Die Nernst-Lampe zeichnet sich dadurch vor der Kohlenfadenlampe aus, daß sie sehr schönes, weißes Licht aussendet und daß der Energieverbrauch pro Kerze bedeutend geringer ist (ca. 1,5 Watt). Sie wird gebaut für alle gebräuchlichen Spannungen und für Lichtstärken von 16–750 Normalkerzen.

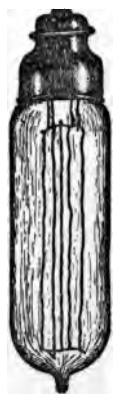


FIG. 31.

II. DER ELEKTRISCHE LICHTBOGEN *

Werden zwei mit den Polen einer Stromquelle verbundene Kohlenstifte einander genähert, bis eine Berührung erfolgt,** so findet der Strom an der Berührungsstelle, da der Kontakt nur ein loser ist, einen verhältnismäßig grossen Widerstand. Hat die Stromquelle eine genügend hohe Spannung (40–50 Volt), so ist die Stromstärke eine große, und es entwickelt sich an der Berührungsstelle eine bedeutende Wärmemenge. Entfernt man jetzt die Kohlenstifte, die Elektroden, voneinander, so wird eine Schicht heißer Gase und Dämpfe in den Stromkreis eingeschaltet, in der sich zahlreiche feine Kohlenpartikelchen befinden; diese Schicht leitet die Elektrizität ziemlich gut. Die hierbei auftretende Lichterscheinung bezeichnet man als Lichtbogen.

Bei vertikal angeordneten Kohlen kann man von

* Von Werken, die über das elektrische Bogenlicht erschienen sind, seien folgende erwähnt: *Das Bogenlicht und seine Anwendung*, von Körting & Mathiesen; *Der elektrische Lichtbogen*, von Biegon von Czudnoschowski; *Der elektrische Lichtbogen*, von Berthold Monasch; *Der elektrische Lichtbogen*, von E. Voit.

** Bei einem diesbezüglichen Versuche muß man vor die Kohlenstäbchen einen Widerstand legen.

einem Lichtbogen nicht gut reden; man hat aber trotzdem die von Davy[1] herrührende Bezeichnung auch für diesen Fall beibehalten. Übrigens hat Davy nicht zuerst den dauernden Lichtbogen zwischen Kohlenstücken hergestellt und so den Ausgangspunkt zu der Bogenlampenbeleuchtung geliefert, sondern de la Rive[2] (i. J. 1820). „Allerdings mag Davy um die Ausbildung Verdienste besitzen, namentlich durch Steigerung der Länge des „Flammenbogens", dem, mit einer Voltabatterie von 2000 Zink-Kupferelementen hergestellt, eine Länge von 2,5–10 cm gegeben werden konnte" (*Handbuch der Elektrotechnik*, I, 1, S. 48).

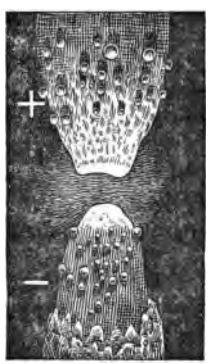


FIG. 32.

Projiziert man den zwischen vertikalen Kohlen gebildeten Lichtbogen mittels einer Sammellinse, so erkennt man mehrere Teile: einen violetten Kern, eine grünliche äußere Hülle (Aureole) und eine dazwischen liegende dunkle Zone.

Die beiden Kohlen spitzen sich allmählich an den Enden zu, die negative aber stärker als die positive. An der Endfläche der positiven Elektrode bildet sich eine kleine Grube mit kreisförmigem Rande, der sogen. Krater. Die dort herrschende Temperatur wird von Violle[3] zu etwa 3500° angegeben, während die Temperatur der Kathodenspitze etwa 2700° betragen soll. — Der Wirkungsgrad beträgt ca. 10%.

Lichtverteilung. Von dem gesamten Lichte, das ein offen brennender Lichtbogen spendet, entfallen

auf den Krater ca. 85%, auf die negative Kohle ca. 10%, auf den Lichtbogen selbst also nur ca. 5%. Die Lichtmenge, die ein nackter Gleichstromlichtbogen nach den verschiedenen Richtungen des Raumes hin sendet, ist eine außerordentlich verschiedene, weil das meiste Licht von der vertieft liegenden Krateroberfläche abgegeben wird und die Kohlen der Ausbreitung des Lichtstromes hindernd im Wege stehen.

Man unterscheidet zwischen der mittleren räumlichen (hemisphärischen) Lichtstärke unterhalb der Horizontalen und der mittleren räumlichen Lichtstärke. Denken wir uns durch die Achsen der vertikal stehenden Kohlen eine Ebene gelegt, in dieser vom Lichtbogen aus nach allen möglichen Richtungen hin [1] gerade Linien gezogen und für jede Richtung die Lichtstärke bestimmt. Das Maximum der Lichtstärke liegt bei etwa 40° unterhalb der Horizontalen. Nimmt man von allen erhaltenen Werten das arithmetische Mittel, so erhält man die mittlere räumliche Lichtstärke; beschränkt man sich auf die Horizontale und die Geraden unterhalb derselben, so erhält man die hemisphärische Lichtstärke. Letztere ist, wenn Reflektoren nicht benutzt werden, für die Bodenbeleuchtung maßgebend.

Bei senkrecht stehenden Kohlen hat der Lichtbogen die Neigung, um die Kohlen zu rotieren. Um diesem Übelstande, der unruhiges, flackerndes Licht zur Folge hat, abzuhelfen, versieht man die positive Kohle mit einem aus Kohle, Wasserglas und Borsäure hergestellten Kern, den man D o c h t nennt (Dochtkohle). Diese bildet in den Lampen in der Regel die obere Elektrode. Kohlen ohne Docht nennt man H o m o g e n k o h l e n.

Die Vorgänge im Lichtbogen sind sehr komplizierter

Natur, stimmen aber im allgemeinen mit denjenigen bei anderen Arten der Gasentladungen überein. Bemerkenswert ist, daß das Potential zwei Sprünge macht, nämlich einen großen Sprung an der Grenze zwischen der Anode und der angrenzenden Schicht des Lichtbogens, und einen viel kleineren Sprung an der Grenze des Lichtbogens und der negativen Kohle.* Das Potentialgefälle im Lichtbogen selbst beträgt nur einige Volt.

Der Wechselstromlichtbogen. Da sich die Stromrichtung in schnellem Wechsel ändert, so ist bald die obere, bald die untere Kohle die positive. Beide Kohlen nehmen an der Spitze ungefähr dieselbe Gestalt an. Die Lichtverteilung ist oberhalb der Horizontalen nahezu dieselbe wie unterhalb derselben. Gewöhnlich benutzt man bei Wechselstromlampen zwei Dochtkohlen (von gleicher Länge und gleichem Durchmesser), um ruhigeres Licht zu erzielen. Die Ökonomie der gewöhnlichen Wechselstromlampen ist aus verschiedenen Gründen ungünstiger als diejenige der Gleichstromlampen.

Die fortwährenden Änderungen der Stromstärke verursachen eine vibrierende Bewegung der Lichtbogengase, indem sich das Volumen der Gase mit der Stromstärke ändert. Hierdurch wird das Brummen oder Summen des Lichtbogens verursacht.

Flammenbogen. In neuerer Zeit verwendet man vielfach Kohlen, die mit Salzen imprägniert sind, sei es um eine bessere Lichtausbeute zu erzielen, oder um dem Lichte eine bestimmte Farbe zu geben. Bei Verwendung derartiger Kohlen erzielt man einen bedeutend längeren Lichtbogen, der Flammenbogen genannt wird. Die Kohlen werden oft schräg nebeneinander stehend ange-

* Lecher, *Wiedem. Ann.*, 1888, S. 609.

ordnet; die beiden Kohlenspitzen und der Lichtbogen sind also abwärts gerichtet, so daß das Maximum der Lichtstärke in die Vertikale fällt.

Der Quecksilberdampflichtbogen. Nach Arons[1] kann man einen Quecksilberlichtbogen mittels eines umgekehrten U-Rohres aus Glas herstellen, das bis zur Krümmung mit Quecksilber gefüllt ist; durch Neigen oder Schütteln des Rohres wird der Strom durch das aus dem einen Schenkel in den anderen fließende Quecksilber für kurze Zeit geschlossen. Mit der Ausbildung der Quecksilberbogenlampe hat sich besonders C. P. Hewitt beschäftigt; er ersetzte die negative Quecksilberelektrode durch eine Eisenelektrode, wodurch die Konstruktion der Lampe wesentlich vereinfacht wird.

Der Quecksilberlichtbogen sendet ein ruhiges, starkes und scheinbar weißes Licht aus, und zwar leuchtet die ganze Gassäule. In Wirklichkeit ist die Farbe kein reines Weiß, sondern ein bleiches Blaugrün, fast ohne jedes Rot im Spektrum. Da das Quecksilberlicht reich ist an chemisch wirksamen Strahlen, so eignet es sich vorzüglich für photographische Zwecke.

Bezüglich des Wirkungsgrades steht die Quecksilberdampflampe mit an der Spitze der künstlichen Lichtquellen. In einzelnen Fällen hat man 0,4 Watt pro Kerze (inkl. Verlust im Vorschaltwiderstand) erreicht.

III. Die Bogenlampen

Der Reguliermechanismus einer elektrischen Bogenlampe muß folgenden Anforderungen genügen: wird die Lampe eingeschaltet, so müssen die Kohlen zur Berührung gebracht und dann sofort voneinander getrennt werden, damit sich der Lichtbogen bilden kann; da ferner die

Kohlen an den Spitzen abbrennen und daher der Lichtbogen allmählich länger, unruhig werden und schließlich abbrechen würde, so müssen die Kohlen in dem Maße vorgeschoben werden, in dem sie kürzer werden. Die Regulierung erfolgt in der Weise, daß die erforderlichen Bewegungen durch den elektrischen Strom selbst hervorgerufen bezw. ausgelöst werden. Je nach der Art nun, wie man zwecks Betätigung des Regulierwerkes, dessen Hauptbestandteil meistens ein Elektromagnet ist, die

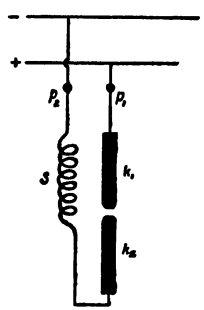


FIG. 33.

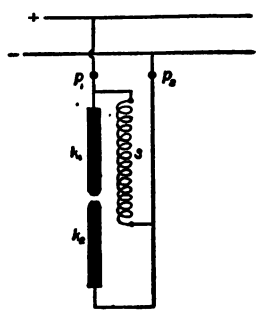


FIG. 34.

Schaltung ausführt, werden die Bogenlampen in Hauptstrom-, Nebenschluß- und Differentiallampen eingeteilt.

Bei den Hauptstromlampen (s. Fig. 33) sind eine Elektromagnetspule s und der Lichtbogen in Reihe geschaltet. (In der schematischen Figur sind p_1 und p_2 die Anschlußklemmen, k_1 und k_2 die Kohlen.) Da der Reguliermechanismus in Tätigkeit tritt, wenn sich die Stärke des Elektromagnets ändert, diese aber von der Stromstärke abhängig ist, so reguliert die Hauptstromlampe auf konstanten Strom. Natürlich muß der Mechanismus so eingerichtet sein, daß sich die Kohlen vor

dem Einschalten berühren, da ja sonst ein Stromkreis nach dem Einschalten nicht vorhanden ist.

Die Nebenschlußlampe. Wie man aus dem Schema (Fig. 34) ersieht, teilt sich der aus der positiven Leitung kommende Strom. Durch die Spule *s* aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes fließt ein viel schwächerer Strom als durch den Lichtbogen. Nennen wir die Lichtbogenspannung (= Klemmenspannung der Lampe) *e*, den Widerstand der Spule *w*, so hat der Nebenstrom die Stärke $i = \frac{e}{w}$, denn *e* ist ja auch die Spannung an den Enden der Spule. Sobald sich also die Lichtbogenspannung ändert,* ändert sich auch *i*. Wird die Lichtbogenlänge infolge Abbrandes der Kohlen größer, so wächst *e* und daher auch *i;* der Reguliermechanismus

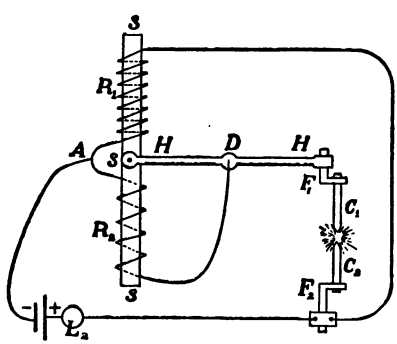


FIG. 35.

tritt in Tätigkeit und nähert die Kohlen einander. Die Lampe reguliert also auf konstante Spannung.

* Die Lampenspannung kann sich, konstante Netzspannung vorausgesetzt, nur dann ändern, wenn vor die Lampe ein Widerstand geschaltet ist.

Das Prinzip der Differentiallampe kann mit Hilfe der Figur 35 klar gemacht werden. An dem um den Punkt D drehbaren Hebel ist ein Eisenkern S befestigt; diesen suchen die Spulen R_1 und R_2 in sich hineinzuziehen. Die dickdrähtige Spule R_2 ist mit dem Lichtbogen in Serie geschaltet, während die aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes bestehende Spule R_1 im Nebenschluß liegt. Wenn der Strom eingeschaltet wird, berühren sich die beiden Kohlen C_1 und C_2 zunächst nicht, die Spule R_2 ist also stromlos, während durch R_1 ein verhältnismäßig starker Strom fließt.* Der Eisenkern wird infolgedessen gehoben, und die Kohlen kommen zur Berührung. Da jetzt durch die Hauptstromspule ein starker Strom fließt, so erfolgt eine Abwärtsbewegung des Eisenkerns, so daß die Kohlenspitzen voneinander getrennt werden und der Lichtbogen entsteht. Wird der Lichtbogen infolge Abbrandes der Kohlen länger, so wächst die Lampenspannung und mit ihr der durch R_1 fließende Strom, so daß die Spule R_1 den Eisenstab etwas hebt.

Die Lampe heißt Differentiallampe, weil die beiden Spulen auf den Eisenkern S einwirken und infolgedessen die Größe der Hebeldrehung von der Differenz der beiden auf den Kern wirkenden Kräfte abhängt.

W. BERMBACH, *Der elektrische Strom*, 3. Aufl., Seite 383; Otto Wigand, Leipzig.

* Dieser Strom ist gleich der Netzspannung, dividiert durch den Widerstand in R_1 + dem relativ kleinen Vorschaltwiderstand; wenn die Lampe brennt, so ist der Nebenschlußstrom gleich der Lampenspannung, dividiert durch den Widerstand in R_2.

XLIV. Der Erdmagnetismus

Wiewohl eine Besprechung des Erdmagnetismus eigentlich nicht in den Rahmen des vorliegenden Werkes gehört, sondern in ein Lehrbuch der Physik, so wollen wir doch der Vollständigkeit halber die wichtigsten Tatsachen über diesen Gegenstand hier kurz zusammenstellen.

1. Die Erde ist ein großer Magnet; man kann sich dies so vorstellen, als ob im Innern der Erde ein mächtiger Magnet läge, dessen Achse aber nicht mit der Erdachse zusammenfällt, sondern mit ihr einen Winkel von ungefähr 15° bildet, und dessen Pole sich etwas unter der Erdoberfläche befinden. Diese Pole liegen gerade umgekehrt wie die geographischen Pole der Erde, und fallen mit ihnen örtlich auch nicht genau zusammen. Der magnetische Nordpol der Erde liegt in der Nähe des geographischen Südpols, der magnetische Südpol in der Nähe des geographischen Nordpols. Nur die Lage des letzteren ist genau bekannt. Er wurde von J. C. Roß[1] im Jahre 1831 aufgefunden und liegt auf der Halbinsel Boothia Felix des nordamerikanischen Kontinents unter 70° 5′ nördlicher Breite und 96° 46′ westlicher Länge von Greenwich. Den magnetischen Nordpol hat man bisher noch nicht erreicht; er muß ungefähr auf 74° südlicher Breite und 148° östlicher Länge liegen (vgl. Fig. 36). Die Verbindungslinie der beiden Pole geht nicht genau durch den Erdmittelpunkt hindurch. Übrigens ist zu bemerken, daß hierbei unter „Polen" diejenigen Punkte verstanden sind, an welchen die Magnetnadel senkrecht nach unten zeigt. Pole im eigentlichen Sinne, d. h. Punkte, in welchen man sich die Resultierende aller, von der einen Erdhälfte

ausgeübten magnetischen Kräfte angreifend denken könnte, lassen sich nach den Untersuchungen von G a u ß,[1] infolge der sehr unregelmäßigen Verteilung des Erdmagnetismus, überhaupt nicht angeben.

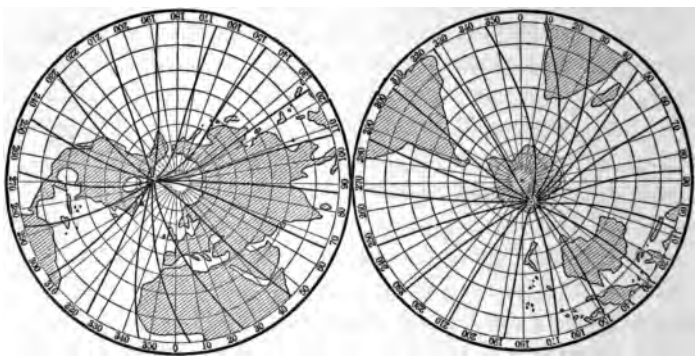


FIG. 36.
Der magnetische Nordpol. Der magnetische Südpol.

2. Der Erdmagnet ist in ganz gleicher Weise wie ein gewöhnlicher Magnet als von Kraftlinien umgeben zu denken. Wie wir wissen, treten diese Kraftlinien eines Magneten stets aus seinem Nordpol aus und laufen in seinen Südpol ein. Entsprechend treten auch die Kraftlinien der Erde aus der nordpolaren Gegend in der Nähe des geographischen Südpols aus, steigen zunächst steil, dann flacher an, und zwar um so flacher, je mehr sie sich dem Äquator der Erde nähern; in der Nähe des letzteren endlich laufen sie der Erdoberfläche mehr oder weniger parallel, ihre Neigung gegen die Horizontale (die Inklination) wird hier gleich Null. Die Verbindungslinie der Punkte, in welchem die Inklination Null ist, bildet den m a g n e t i s c h e n Äquator der Erde. Dieser fällt mit

dem geographischen Äquator nicht zusammen, sondern stellt eine unregelmäßige Linie dar, die zwischen dem 15° nördlicher Breite und 15° südlicher Breite verläuft. Die Kraftlinien senken sich dann allmählich nach unten, fallen, je mehr man nach Norden kommt, um so steiler ab und laufen endlich nahezu oder ganz senkrecht in die südpolare Gegend der Erde, in der Nähe des geographischen Nordpols, ein.

3. Eine Magnetnadel, die an einem Faden in ihrem Schwerpunkte aufgehängt ist, stellt sich an jedem Orte der Erde in die Richtung ein, welche die Tangente an die Kraftlinie des Erdfeldes an diesem Orte hat. Hierbei wird der Nordpol der Nadel von dem magnetischen Südpol der Erde angezogen und weist daher nach Norden. Die Nadel stellt sich in allen Punkten des magnetischen Äquators wagrecht, während sie in unseren Breiten eine stark nach unten geneigte Lage annimmt, da die Kraftlinien hier bereits stark abfallen. Der Winkel, den ihre magnetische Achse mit der Horizontalen bildet (vgl. Fig. 37), heißt die magnetische Inklination des betreffenden Ortes; sie beträgt in Deutschland jetzt etwa 66° (für Potsdam [1] war die Inklination im Jahre 1904 = 66° 19,6′). Je weiter man sich von dem magnetischen Äquator nach Norden oder Süden entfernt, um so steiler stellt sich die Magnetnadel ein, die Inklination wächst also mit der geographischen Breite.

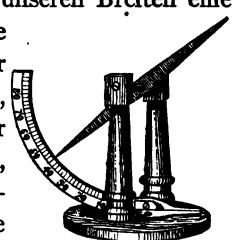


FIG. 37.

4. Eine frei aufgehängte oder auf einer Spitze balanzierende Magnetnadel zeigt nicht genau nach Norden; die Vertikalebene in die sich ihre magnetische Achse einstellt,

gibt den magnetischen Meridian des betreffenden Ortes. Der Winkel, den diese Ebene mit dem geographischen Meridian — also der Nord-Südrichtung — bildet, nennt man die magnetische Deklination des betreffenden Ortes; sie ist bei uns westlich und beträgt gegenwärtig etwa 10° (für Potsdam war sie im Jahre 1904 = 9° 39,4′ West).

5. Der Magnetismus der Erde ist nicht konstant, sondern steten Änderungen unterworfen. Die Variationen des Erdmagnetismus betreffen sowohl seine Stärke, als auch die Deklination und die Inklination der Nadel. Diese Veränderungen vollziehen sich einesteils in langdauernden, Jahrhunderte umfassenden Perioden — säkulare Variation — gleichzeitig aber auch in kürzeren Zeitabschnitten; namentlich läßt sich eine regelmäßige, 11 Jahre dauernde Periode der Deklination nachweisen, welche mit der 11 jährigen Periode der Sonnenflecke zusammenfällt. Außerdem gibt es jährliche und tägliche Schwankungen der Deklination und Inklination. Die Ursachen dieser Erscheinungen sind noch gänzlich unbekannt. — Verschiedene Tatsachen sprechen dafür, daß die magnetische Polarität der Erde im Laufe der Jahrtausende allmählich eine gänzliche Umkehrung erfahren hat, und daß es Zeiten gegeben hat, wo der magnetische Nordpol der Erde in der Nähe des geographischen Nordpols gelegen hat, und entsprechend der Südpol in der Nähe des geographischen Südpols.

6. Das magnetische Feld der Erde hat in unseren Breiten eine solche Stärke, daß annähernd eine Kraftlinie auf zwei Quadratzentimeter des Feldes, normal zu den Kraftlinien gemessen, kommt; die von dem Erdmagnetismus auf einen Pol von der Stärke eins ausgeübte

Kraft beträgt also rund eine halbe Dyne (für Potsdam im Jahre 1904 = 0,47021 Dynen). Diese Kraft ist um etwa 66° gegen die Horizontale schräg nach unten gerichtet. Man kann sie in eine Horizontal- und eine Vertikalkomponente zerlegen. Die Größe der Horizontalkomponente des Erdfeldes, die hauptsächlich von praktischer Bedeutung ist, betrug im Jahre 1904 für Potsdam 0,18880 C.G.S.[1] Einheiten; sie ist seit 10 Jahren im Zunehmen begriffen und zwar um 0,00016 C.G.S. Einheiten jährlich.

Nachstehend geben wir noch für einige Orte die Größe der Horizontalkomponente des Erdfeldes (annähernd) an:

Darmstadt...0,195	Wien.....0,207	London.....0,183
Hamburg.....0,181	Graz.....0,212	Rom.....0,235
Kiel.....0,178	Zürich.....0,206	Petersburg...0,165
München.....0,205	Paris.....0,197	

[1] ADOLF DONATH, *Lehrbuch der Elektromechanik*, Seite 144; Hermann Costenoble, Jena, 1908.

XLV. Bücherschau

ELEKTRISCHE WECHSELSTRÖME. Von Gisbert KAPP. Band 6 von Leiners technischer Bibliothek. Vierte erweiterte Auflage. 118 Seiten. Mit 48 Abbildungen. Leipzig 1911. Oskar Leiner. Preis M 4, —.

Das Buch gibt in kurzer und leicht faßlicher Weise einen Überblick über das Gebiet des elektrischen Wechselstroms, soweit er für elektrische Licht- und Kraftanlagen Verwendung findet. Nachdem die Eigenschaften des Wechselstroms besprochen, sowie seine wichtigsten Ge-

setze und die Art der Spannungs-, Strom- und Leistungsmessung erläutert sind, wird der elektrische und mechanische Aufbau der Wechselstromgeneratoren durch einfache analytische Ableitungen, graphische Darstellungen und Abbildung der wichtigsten Teile dem Leser vor Augen geführt. Es folgen dann ein Kapitel über Transformatoren, eines über Mehrphasenströme und ein weiteres, in welchem die Wirkungsweise der verschiedenen Arten von Wechselstrommotoren besprochen wird. Es sei hierbei kurz erwähnt, daß der Verfasser auch der neueren Entwicklung des Motorenbaues Rechnung trägt, indem er die Einphasenkommutatormotoren aufgenommen hat. Ein letztes Kapitel geht noch auf die verschiedenen Gesichtspunkte ein, die beim Bau von Wechselstromanlagen maßgebend sind.

Es werden vom Leser im allgemeinen nur elementare mathematische Kenntnisse verlangt; zwar sind an einigen Stellen als Anhang zu einigen Kapiteln mittels Integrationen die Mittelwerte berechnet worden, doch kann der der höheren Analysis unkundige Leser diese Ableitungen ohne weiteres überschlagen, da im Text der wichtigste Mittelwert, der effektive, in sehr hübscher elementarer Weise abgeleitet wird. Der Verfasser hat sich in der Angabe von Formeln nach Möglichkeit beschränkt und mehr bemüht, durch Beschreibung der Wirkungsweise dem Leser verständlich zu werden. An vielen Stellen hat er für den Entwurf der Maschinen und Transformatoren recht wichtige Erfahrungszahlen mitgeteilt.

Leider hat aber das Buch auch einige recht wesentliche Mängel. Die Abbildungen sind durchweg nicht sehr scharf gedruckt und außerdem teilweise etwas zu klein geraten. Dies gilt ganz besonders für die Abbildungen

1, 2, 3, 8 und 11, bei denen man die Bezeichnungen erst durch ein Vergrößerungsglas mit Sicherheit erkennen kann. Auf Seite 88 sind die Begriffe „Phasengleichheit" und „synchrone Geschwindigkeit" nicht streng genug geschieden. Auf S. 89 ist der Vergleich der synchronisierenden Kraft mit einer Reibungskupplung nicht sehr glücklich gewählt. Auf S. 78 ist von „Potentialdifferenz" gesprochen, warum nicht einfach „Spannung" statt dessen? Das Wort „cophasal" auf S. 100 wird in Deutschland nicht gebraucht, wir sagen „phasengleich". Überhaupt scheint der Verfasser sich schwer von den ihm wohl geläufigeren englischen Ausdrücken losreißen zu können; so sagt er z. B. auf S. 3: „laminiert" statt „lamelliert" oder besser „geblättert"; auf S. 52: „Windungsmethoden" statt „Wicklungsmethoden"; auf S. 114: „Nutzeffekt" statt „Wirkungsgrad" (Nutzeffekt ist wohl im Anklang an das englische „efficiency" gebraucht); auch daß auf S. 73, 74 der Punkt als Dezimalzeichen benutzt wird, ist wohl englischem Einfluß zuzuschreiben. Für die Wirkung der Einbettung der Leiter in Nuten auf die Erzeugung von Wirbelströmen gibt der Verfasser auf S. 53 eine etwas eigentümliche Erklärung.

Das Werkchen dürfte jedoch trotz dieser Mängel vielen eine willkommene Gelegenheit bieten, sich mit dem Gebiet der Wechselstromtechnik etwas vertrauter zu machen, und kann wegen seiner schlichten Darstellungsweise nur bestens empfohlen werden.

E. JASSE

Dingl. Pol. Journal, vom 25. Januar 1913, Seite 64.

XLVI. Schluß

Gar lange habe ich heute Ihre Aufmerksamkeit in Anspruch genommen, und dennoch konnte ich nur das Wichtigste kurz berühren, da ein näheres Eingehen die uns gesteckten Grenzen überschritten hätte.

Mehrfach haben wir auf unseren Wanderungen unsere Zuflucht zu Hypothesen nehmen müssen, um Zusammenhang in die beobachteten Erscheinungen zu bringen. Es wird vielleicht nicht uninteressant sein, jetzt, am Schluß, einen Rückblick auf die Wandlungen der physikalischen Hypothesen zu werfen und dann einen Blick in die Richtung zu tun, wohin die Forscher der Jetztzeit vorzudringen suchen.*

Oft kann man, auch in Büchern, der Behauptung begegnen, Aufgabe der Physik als Wissenschaft sei: die beobachteten Erscheinungen zu erklären! Was heißt aber überhaupt physikalische Vorgänge erklären? Offenbar nichts anderes, als uns noch unbekannte Vorgänge auf bekannte zurückführen. Welches aber die „bekannten" sind, hängt von dem zufälligen historischen Entwicklungsgange der Physik ab. Alle Erklärungsversuche physikalischer Vorgänge tragen daher den Stempel des Zufälligen an sich und mit der Zeit sind Umwandlungen unterworfen. Nicht die Erklärung der physikalischen Erscheinungen, sondern der Nachweis ihres Zusammenhanges ist von bleibendem Wert und fördert unsere Naturerkenntnis. Die Aufgabe der Physik ist es dem-

* Hierbei folgt der Verfasser im ersten Teile dem Gedankengange, den Prof. Dr. O. Chwolson in einer kleinen, fesselnd geschriebenen (rußischen) Schrift *Die Hertzschen Versuche* eingeschlagen hat. (*Sonder-Abdruck aus der Zeitschrit „Elektrizität"*, 1890.)

nach: den Zusammenhang der beobachteten Erscheinungen aufzudecken.

Noch zu Anfang dieses Jahrhunderts nahm man allgemein für die Wärme, das Licht, den Magnetismus und die Elektrizität unter sich verschiedene Stoffe (Fluida) an, die den Gesetzen der Schwere nicht unterworfen wären und daher gewichtlose Stoffe (Imponderabilien) hießen. Die Physik zerfiel demnach in die Lehre von den Ponderabilien (Mechanik fester, flüssiger und gasförmiger Körper) und in die Lehre von den Imponderabilien, deren vier (oder sechs) angenommen wurden, nämlich der Wärmestoff, Lichtstoff, magnetischer Stoff und Elektrizitätsstoff (wobei die beiden letzteren von den Dualisten [1] noch in je zwei Stoffe mit entgegengesetzten Eigenschaften geschieden wurden). Dabei fand keinerlei Zusammenhang zwischen den einzelnen Gebieten statt. Als nun z. B. die Wirkungen des galvanischen Stromes auf die Magnetnadel einen unerwarteten Zusammenhang zwischen den bis dahin streng geschiedenen Gebieten des Magnetismus und der Elektrizität zeigten, da fiel die Schranke zwischen beiden und die Annahme eines besonderen imponderabilen Stoffes für den Magnetismus erschien überflüßig und wurde aufgegeben.

Das war ein wichtiger Moment in der Entwicklungsgeschichte der Physik, denn mit ihm trat die Naturerkenntnis in eine neue Phase. Ähnlich, wenn auch nicht so hervortretend, weil allmählich vorbereitet, wirkte die spektralanalytische Forschung, indem sie nachwies, daß die Wärmestrahlen und die Lichtstrahlen (so wie die gleichfalls angenommenen „chemisch wirksamen" Strahlen) nicht an sich verschieden seien, sondern daß es von der Natur der Körper, welche getroffen werden, abhängt, ob

der Strahl eine Wärme-, Licht- oder chemische Wirkung äußert. Man nahm nun an, daß Licht- und Wärmestrahlen Schwingungsbewegungen eines einzigen, das Weltall durchdringenden imponderabilen Stoffes, des Lichtäthers, sei; damit war auch der „Wärmestoff" beseitigt. So blieben denn bis in die neueste Zeit noch zwei voneinander verschiedene Imponderabilien übrig: der Lichtäther als Träger der Licht- und Wärmeerscheinungen und der gänzlich mysteriöse, unfaßbare Träger der magnetischen und elektrischen Erscheinungen.

Die Gelehrten nahmen noch gegen Ende des vorigen Jahrhunderts an, daß die Erscheinungen der Influenz und Induktion unmittelbare Fernwirkungen seien, bei denen das zwischenliegende „isolierende" Medium (Dielektrikum) eine passive Rolle spiele, so daß alle elektrischen Vorgänge sich auf die in (oder auf) dem Leiter abspielenden beschränken. Nur Faraday mochte keine unmittelbare Fernwirkung anerkennen und hielt das einen elektrischen Leiter umgebende Dielektrikum für den Hauptträger der dynamischen (kinetischen) Wirkungen. Nach seiner Annahme hätten die magnetischen und elektrischen Kraftlinien (welche die Richtung der jeweilig wirkenden Kräfte markieren) eine reale Existenz. Er wies am Kondensator nach, daß die Natur des Dielektrikums die Kapazität des Kondensators wesentlich beeinflußt, daß z. B. der luftleere Raum ebenfalls als Dielektrikum wirkt, und daß der Ersatz der Luft durch ein anderes Dielektrikum, z. B. Schwefel oder Gas u. a., die Kapazität des Kondensators in einem bestimmten Verhältnis vergrößert. Hieraus schloß er, daß die magnetischen und elektrischen dynamischen Wirkungen sich in dem umgebenden Dielektrikum selbst abspielen, und daß also in diesem und nicht

im Leiter sich diejenigen Zustandsänderungen vollzögen, welche wir als elektrische Fernwirkungen bezeichnen. Auch nahm Faraday an, daß diese Zustandsänderungen sich mittelbar, also von Punkt zu Punkt im Dielektrikum fortpflanzen. Hieraus folgt, daß der eigentliche Träger der magneto-elektrischen Wirkungen ein den ganzen Weltraum durchdringendes Medium sein müsse, und daß die Wirkungen selbst im Dielektrikum Zeit brauchen, um sich von einem Punkte des Raumes zu dem anderen auszubreiten. Ja, es ist denkbar, daß diese elektrischen Wirkungen im Raume noch nachdauern, wenn die erregende Kraft am Ausgangspunkt schon verschwunden, wie ein Fixstern schon erloschen sein kann, während wir ihn noch am Himmel sehen, weil sein Licht schon jahrelang unterwegs gewesen ist, ehe es unser Auge trifft. — Es ergab sich dann mit fast zwingender Notwendigkeit die Annahme, daß der Weltäther oder Lichtäther zugleich Träger der magnetischen und elektrischen Erscheinungen sei. Neuere Forschungen haben dieses nun im hohen Grade wahrscheinlich gemacht.

Faraday, einer der größten Experimentatoren aller Zeiten, besaß nicht das Rüstzeug der höheren Mathematik. Dagegen hat sein leider früh verstorbener Schüler Clerk-Maxwell[1] auf mathematischer Grundlage eine elektro-magnetische Theorie des Lichtes aufgestellt, welche die magnetischen, elektrischen und optischen Erscheinungen als gemeinsame Bewegungserscheinungen des Weltäthers auffaßt. Ist diese Theorie richtig, so müssen magneto-elektrische „Schwingungen" herstellbar sein, welche den Gesetzen der Optik: der Reflexion und der Brechung, gehorchen! Der experimentelle Nachweis gelang weder Faraday noch Maxwell und wurde erst

gegen Ende des 19. Jahrhunderts von einem jungen (am 1. Januar 1894) verstorbenen deutschen Gelehrten, Prof. Heinrich Hertz,[1] geführt, dessen „Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft" (1887–1893) die Physiker aller Länder auf das lebhafteste interessierten und den Entdecker mit einem Schlage in die erste Reihe der Forscher aller Zeiten stellten.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, Ihnen die komplizierten Versuche dieses genialen Gelehrten, der die Experimentierkunst eines Faraday mit der mathematischen Ausbildung Maxwells vereinigte, zu beschreiben. Nur auf eine der Schwierigkeiten will ich noch hinweisen, welche zu überwinden war, und kurz einige Resultate erwähnen.

Der Lichtäther hat, wie jedes vollkommen elastische Medium, die Eigenschaft: die durch periodische Stöße an einer Stelle erfolgenden Erschütterungen (Perturbationen) mit einer konstanten Geschwindigkeit fortzupflanzen, welche ganz unabhängig von der Anzahl der in der Zeiteinheit erfolgenden Stöße ist. Bei der Wellenbewegung des Lichtes haben die einzelnen Ätherteilchen eine pendelartig schwingende Bewegung, während die Fortpflanzung im Raume in senkrechter Richtung zur Schwingungsebene der einzelnen Teilchen erfolgt (transversale Schwingungen). Die Strecke, um welche die Bewegung im Raum fortrückt, während ein Teilchen seine Schwingung hin und her (um seine Ruhelage) vollendet, heißt eine Wellenlänge. Da, wie erwähnt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen eine konstante ist, so werden die Wellen um so länger sein, je langsamer die periodischen Stöße, welche sie erregen, aufeinander folgen. — Wir wissen nun, daß die magneto-elektrischen

Wellen — gleich den Lichtwellen — aus transversalen Schwingungen des Äthers bestehen, und daher dieselbe Fortpflanzungsgeschwindigkeit haben müssen, wie diese, d. h. etwa 300 000 Kilometer oder 300 Millionen Meter in der Sekunde. Unter dieser Voraussetzung müssen elektrische Wellen von 10 Meter Länge (längere lassen sich in geschlossenen Räumen kaum beobachten) immerhin 300 000 000/10 = 30 Millionen Schwingungen in der Sekunde vollführen. Um aber bequemere, in jedem physikalischen Kabinett zu beobachtende Wellen von 3 Meter Länge zu erzeugen, müßten die erzeugenden Stöße schon 100 Millionen Mal in einer Sekunde aufeinander folgen.

Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang es Hertz, durch eine sinnreiche Vorrichtung, die er an dem Rühmkorffschen[1] Funkeninduktor anbrachte, elektrische Entladungen von genügend schneller Aufeinanderfolge zu erhalten, um mit ihrer Hilfe stehende „elektrische Wellen" in der Luft zu erzeugen, deren Wellenlänge gemessen werden konnte. Es ergab sich auch, daß diese elektrischen Wellen sich in einem gleichförmigen Dielektrikum geradlinig fortpflanzen, dagegen wenn sie ein anderes Dielektrikum treffen, gebrochen werden und zwar nach den gleichen Gesetzen, wie die Lichtstrahlen. Überraschend für den ersten Augenblick, aber ebenfalls der Maxwellschen Theorie entsprechend, war die Beobachtung, daß die Leiter (Metalle) die elektrischen Schwingungen nicht fortzuleiten vermögen, sondern reflektieren.

[1] BRUNO KOLBE, *Einführung in die Elektrizitätslehre*, 2. Aufl., Band II, Seite 428.

MECHANIK

XLVII. Die Entwicklung der ortsfesten feststehenden Riesenkrane in den letzten 25 Jahren*

Von Professor L. Klein, Hannover

Riesenhaftes zu leisten oder wenigstens zu verherrlichen, zu bewundern, muß wohl seit dem Urbeginn der Völker tief und fest in der menschlichen Brust eingepflanzt sein.

Was ist denn die uralte Sage vom Turmbau zu Babel[1] anders als der Ausdruck der menschlichen Sehnsucht vergangener Jahrtausende, Riesenhaftes zu bauen.

Was sind die Götter- und Heldensagen aller Völker, an denen auch unsere deutsche Literatur so erfreulich reich ist, anders, als Verherrlichungen des Riesigen, als ein Beweis der Sehnsucht nach dem Stärksten, Größten, nach dem Unendlichen!

Sind die Pyramiden Ägyptens, deren mächtigste, die Cheops-Pyramide,[2] 147 m Höhe erreichte, nicht ein beredtes Zeugnis dafür, daß die Menschen schon vor mehr als viertausend Jahren Gewaltiges nicht nur erträumt und erstrebt, sondern wirklich ausgeführt haben!

Mit der Entwicklung des Menschengeschlechtes hat sich nicht die Tatsache, sondern nur die Art des von den

* Festrede, gehalten in der Techn. Hochschule Hannover am 27. Januar 1913.

MODERNE VERLADEANLAGE
Eine Reihe riesenhafter Krane

Kraftvölkern erstrebten Riesenhaften geändert — immer neue Ziele, neue Wünsche sind hinzugekommen.

Als ein Triumph der Baukunst wurde der 161 m hohe Turm des Ulmer Münsters [1] und der 1885 vollendete 169 m hohe Obelisk [2] in Washington angestaunt. Wahrlich, die Schwierigkeiten waren nicht gering! Sonst hätten doch sicher die Amerikaner, deren Kraftgefühl sich vielfach in dem bewußten Streben äußert, möglichst in jeder Hinsicht das Größte zu leisten, die Cheops-Pyramide um mehr als um 30 m, das Ulmer Münster um mehr als 8 m zu übertreffen gesucht.

Um so kühner mutete kurz nach Vollendung des amerikanischen Obelisken der Gedanke des französischen Ingenieurs Eiffel [3] an, einen 300 m hohen Turm auf der Pariser Weltausstellung zu zeigen.

Unsere Bewunderung steigt, wenn wir Bauzeit und Baukosten dieses eleganten Bauwerkes moderner Ingenieurkunst mit denen der Cheops-Pyramide vergleichen.

Nach den Angaben Herodots [4] mußten erst 10 Jahre lang 100 000 und danach 20 Jahre lang 366 000 Sklaven unter der Knute der Vögte beim Bau der Cheops-Pyramide seufzen.

Nach derselben Quelle kann man errechnen, daß die Verköstigung dieser Menschenmassen einen Wert von etwa $7\frac{1}{2}$ Millionen Mark verschlang.

Die Idee, seinen 300 m hohen Turm zu bauen, faßte Eiffel im Jahre 1886, drei Jahre später stand der Turm vollendet da. Durchschnittlich waren nicht 366 000, nicht 100 000, sondern nur 215 Arbeiter am Bau beschäftigt, er kostete trotz seiner doppelt so großen Höhe nur 5,2 Millionen Mark. Gewiß eine stolze Leistung moderner Technik.

Aber nicht nur im Eisenbau, nein, auf allen Gebieten haben die Fortschritte der Technik das Erreichen des Riesenhaften so sehr begünstigt, daß uns heute das Gewaltige zum Alltäglichen geworden; so sehr, daß wir — ohne besonders darauf hingewiesen zu sein — das Riesige der Einzelleistungen kaum mehr empfinden.

Wer achtet es denn heute noch als etwas besonders Großes, daß wir die menschliche Stimme auf Hunderte von Kilometern verstehen können, obwohl vor wenigen Jahren einige Meter Entfernung eine Unterhaltung unmöglich machten. Würdigen wir es denn noch als eine Riesenleistung, die fast 1000 km lange Strecke Hannover — Paris in zwölf Stunden bequem im D-Zug [1] durchfahren zu können, obwohl noch im Jahre 1850 die Schnellposten in derselben Zeit nur 100 km, also etwa die Strecke von Hannover [2] bis Ülzen, durcheilten.

Die Durchquerung des Atlantik in $4\frac{1}{2}$ Tagen, zu der Columbus $2\frac{1}{2}$ Monate gebrauchte, löst in vielen Menschen weniger Bewunderung als den Wunsch aus, in noch kürzerer Zeit hinüber zu kommen. Die Riesenpassagierdampfer, unter denen der Hamburger „Imperator" zurzeit das größte Schiff der Welt ist, ihre gewaltigen 50, ja 70 000-pferdigen Antriebsmaschinen, die gigantischen Panzerschiffe mit ihrer mächtigen Ausrüstung staunt der moderne Mensch an — und verlangt schleunigst noch Größeres.

Forschen wir nach den Gründen für dieses Emporwachsen des Riesenhaften auf allen Gebieten der Technik.

In erster Linie liegt es wohl in dem Vorwärtsstreben des schaffenden Menschen. Was gestern noch unerreichbar — was heute gelungen — dient uns morgen schon als Stufe zu noch Größerem.

Dann aber kommt hinzu, daß die Herstellung riesiger Bauwerke gewaltige Hilfsmittel fordert, die selbst als Riesenleistungen anzusprechen sind und ihrerseits häufig die Möglichkeit bieten, noch Gewaltigeres zu bauen; so wirkt ein Zweig befruchtend auf den andern.

Der wesentlichste Grund aber liegt in der Änderung der technischen Arbeitsweise. Zweierlei ist es, was zur Technik gehört: das Ausdenken der zweckentsprechendsten Form und das Herstellen dieser Form.

Solange beides, wie heute noch bei handwerksmäßigem Betriebe, durch ein und dieselbe Person geschieht, gehört das Erreichen von wirklich Großem zu den äußersten Seltenheiten, zu den Weltwundern.

Anders in der modernen Technik: Der Ingenieur hat die Aufgabe, die zweckentsprechendste Form zu ersinnen, ihre einzelnen Abmessungen rechnerisch zu bestimmen, das Ergebnis durch Zeichnungen genau festzulegen. Er muß wissen, wie die Form hergestellt werden soll, ohne daß er sie selbst macht. Die Ausführung ist Sache der Werkmeister und Arbeiter.

Diese Arbeitsteilung hat sich als außerordentlich zweckmäßig erwiesen. Der Eiffel-Turm hätte nicht durch so wenig Arbeiter in so kurzer Zeit fertiggestellt werden können, wenn nicht alle Einzelheiten durch Zeichnungen, von denen 12 000 Stück notwendig waren, vor der Ausführung genau festgelegt worden wären.

Aber die Arbeitsteilung mußte noch weiter gehen, nicht jeder Arbeiter soll alle vorkommenden Arbeiten machen können, sondern jeder nur bestimmte Teile davon; nicht jeder Ingenieur soll alle Formen beherrschen. Zur Erreichung wirklich großer Leistungen ist Beschränkung des einzelnen auf ein Sondergebiet notwendig, was aber

andererseits die große Gefahr der Einseitigkeit in sich schließt.

Der „Nur Spezialist" wird auch auf seinem engen Sondergebiet nichts wahrhaft Großes hervorbringen, wird nicht führend sein können; das vermag nur der, der seine Sonderkenntnisse aufgebaut hat auf gründlichen Allgemeinkenntnissen, so daß er die Fortschritte auch auf den andern Gebieten verstehend verfolgen und für sein Sondergebiet nutzbar machen kann.

Und wenn ich heute diese allgemein anerkannte Wahrheit betone, so geschieht es, um die Mahnung an uns Professoren und an Sie, liebe Kommilitonen, daran zu knüpfen: das Hochschulstudium in erster Linie zur Vermittlung allgemein technischer Kenntnisse zu nützen. Die Hochschule hat weder die Aufgabe noch die Zeit, Spezialisten auszubilden, das müssen wir der Praxis überlassen.

Wie sehr die Sondergebiete allgemeine Kenntnisse verlangen, wie sie vor keiner Abteilungsgrenze Halt machen, können wir beispielsweise auch bei der Entwicklung der Riesenkrane verfolgen. Wir werden sehen, daß diese neben gründlicher Kenntnisse des Maschinenbaues solche des Schiffbaues, der Elektrotechnik, des Eisenhochbaues und Sinn und Verstand für zweckmäßig schöne Formen verlangen.

Die Riesenkrane, welche ich bresprechen will, dienen beim Bau und Beladen der Schiffe dazu, die schwersten Stücke vom Lande aufzuheben, frei an Lasthaken hängend an den Masten vorbei über das Schiff zu bringen und dort auf ihren Platz niederzulassen. Sie müssen große Tragfähigkeit mit großer Hubhöhe und großer Reich-

weite verbinden. Im Laufe der Zeit mußten sie immer größer und größer werden, damit größere Schiffe gebaut und ausgerüstet werden konnten. In der Absicht, für recht lange Zeit vorzusorgen, entschloß sich die Finanzdeputation Hamburgs[1] in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, einen Kran von bis dahin unerhörten Abmessungen zu bauen. 150 000 kg sollte er 25 m hoch heben und 17,3 m weit hinaus reichen können.

Die Firma L. Stuckenholz in Wetter a. d. R.[2] entwarf hierfür einen sogen. Drehscheibenkran. Auf eine im Kreise drehbare runde Scheibe ist ein gewaltiges Dreieck aus Eisenkonstruktion mit einer Ecke aufgesetzt. Die Spitze, welche 31 m hoch und 17 m aus Kranmitte hinaus übers Wasser ragt, trägt die Rollen, über die die Lastketten zum Lasthaken laufen. An der dritten, ebenfalls in die Höhe ragende Ecke hängt das 250 000 schwere Gegengewicht. Die in einem Häuschen auf der Drehscheibe aufgestellten Dampfmaschinen gestatten dem Kran die volle Last mit 0,25 m i. d. Min.[3] anzuheben und in 1 Min. 1/12 Kreisumdrehung zu machen.

Vielleicht erhalten wir aber davon noch eine bessere Vorstellung, wenn wir bedenken, daß der Kran imstande wäre, neun Eisenbahnwagen, die mit je 200 Zentner Kohle voll beladen sind, auf einmal hochzuheben und auf das Schiff zu stellen.

Mit diesem 1887, also vor etwa 25 Jahren, in Betrieb genommenen ersten Riesenkrane hoffte man auf Jahrzehnte hinaus vorgesorgt zu haben. In der Tat ist er auch länger der größte Kran der Welt gewesen, als irgend einer seiner Nachfolger, trotzdem er das Recht auf diesen stolzen Namen schon nach zehn Jahren verlor.

Das Ende des vorigen und der Anfang dieses Jahr-

hunderts zeichnen sich im überseeischen Verkehr besonders durch den hartnäckigen Wettstreit unserer zwei großen Dampfschiffahrts-Gesellschaften, der Hamburg-Amerika-Paketfahrt-Aktiengesellschaft[1] und des Norddeutschen Lloyd, aus, von denen jede das schnellste Schiff zwischen Europa und Amerika haben wollte, ein Wettstreit, bei dem — Dank der Tüchtigkeit der deutschen Schiffbauanstalten — die englischen Schiffe jahrelang zurückblieben.

Je schneller aber die Dampfer fahren sollten, um so größere Maschinen mußten sie erhalten, und um so größer und größer mußten sie selbst werden.

Diese etwa 1896 einsetzende, seitdem noch nicht zum Stillstand gekommene Steigerung der Größenverhältnisse unserer transatlantischen Fracht- und Passagierdampfer, sowie der Kriegsschiffe mit ihrer Armierung verlangte eine weitere Ausbildung der Anlagen sowohl der Geburtsstätten als der Verkehrsplätze dieser Ozeanriesen. Bald zeigte sich, daß die vorhandenen Schwerlastkrane nicht mehr genügten und in rascher Folge wurden immer größere und größere Riesenkrane aufgestellt.

Schon 1897 baute die Maschinenfabrik von Bechem & Keetman in Duisburg[2] für die Werft von Blohm & Voß einen 150 t-Kran, der den vorhin genannten zwar nicht an Lastgröße und Ausladung, wohl aber an Höhe und Arbeitsgeschwindigkeit übertrifft.

Er ist als besondere Art der sogenannten Derrick-Krane ausgebildet, d. h. sein Lastarm ist nicht nur wagerecht drehbar, sondern auch senkrecht wippbar. Das Eisengerüst besteht der Hauptsache nach aus zwei großen Dreiecken, von denen das eine auf die Spitze gestellt und wagerecht drehbar ist, während das zweite mit einer Ecke an das erste gelenkig angeschlossen ist, so daß es

senkrecht wippbar bleibt. An seiner am weitesten vorragenden Spitze trägt es die Rollen für die Lastseile, an der dritten Ecke eine lange sehr kräftige Schraubenspindel, die in eine zum ersten Dreieck gehörende Mutter eingreift. Durch Drehen dieser Mutter kann die Schraubenspindel verschoben und damit das zweite Dreieck mit der Last gewippt werden. Dieses Wippen hat den Vorteil, daß der Kranführer mit dem Haken und der daranhängenden Last den hohen Schiffsteilen, z. B. den Masten, Schornsteinen ausweichen kann, ohne daß das ganze Schiff verholt, d. h. verfahren werden muß.

Als weitere Verbesserung gegenüber seinem Vorgänger besitzt er ein schneller arbeitendes Hilfshubwerk für kleinere Lasten, dessen Seilrollen auf einer Verlängerung der unteren Seite des wippenden Dreiecks liegen. Hierdurch wird der Kran wesentlich besser ausgenutzt, weil die ganz großen Lasten nur sehr selten vorkommen. Die Hub-, Schwenk- und Wippwerke werden durch Dampfmaschinen von zusammen 230 PS angetrieben. Die Arbeitsgeschwindigkeiten sind gesteigert, u.s.w., u.s.w.

Dingl. Pol. Journal, vom 29. März 1913, Seite 193.

XLVIII. Schutz gegen Maschinenschäden und Betriebsverlust

Von Fr. Schnizer, Eßlingen a. N.[1]

Wer mit Maschinen arbeitet, muß darauf sehen, daß diese Maschinen dauernd im Betrieb sind, sonst erleidet er Verluste. Der Industrielle setzt daher alles daran, um stets vollauf beschäftigt zu sein: Tag für Tag müssen die Drehbänke, die Pressen, Walzen, Sägen, Hobel- und

Bohrmaschinen und wie sie alle heißen, diese Gehilfen des arbeitenden Menschen sich tummeln von früh bis spät, dann gedeiht das Geschäft und hebt sich der Verdienst. Eine Maschine, die still liegt, ist totes Kapital; sie bringt nichts ein. Der Industrielle scheut daher keine Mühe und keine Kosten, um Aufträge zu erhalten, er macht Reisen und Besuche, erläßt Anzeigen und macht Reklame.

Allein es kommt vor, — und häufig gerade dann, wenn der Betrieb vollauf beschäftigt ist — daß eine Maschine plötzlich beschädigt wird und stillgelegt werden muß. Für den Industriellen ist dies doppeltes Pech. Denn erstens verursacht die Reparatur eines Maschinenschadens in der Regel bedeutende Kosten, und zweitens entsteht durch den Stillstand einer Maschine bis zur Beendigung der Reparatur ein Betriebsverlust. Der Betriebsverlust erreicht besonders dann eine beträchtliche Höhe, wenn eine Kraftmaschine beschädigt ist und infolgedessen der ganze Betrieb stilliegen muß.

Der Industrielle ist natürlich bestrebt, Beschädigungen seiner Maschinenanlage hintanzuhalten. Er läßt von Zeit zu Zeit Untersuchungen der Maschinen vornehmen und die reparaturbedürftigen Teile erneuern. Er erreicht dadurch, daß keine minderwertigen, abgenutzten Teile in den Maschinen sich finden; er kann aber nicht hindern, daß der Zufall sein Spiel treibt und die Maschinen beschädigt.

Eine kleine Ursache kann leicht einen großen Schaden herbeiführen. Es kann z. B. einem ganz tüchtigen und zuverlässigen Arbeiter ein Versehen vorkommen; er läßt ein Werkzeug, ein Werkstück oder einen Putzlappen auf der Maschine liegen und setzt sie

in Gang. Das Stück klemmt sich zwischen zwei sich bewegende Teile, und der Schaden ist da. Oder eine Schraube, eine Mutter, ein Bolzen lockert sich und fällt, ohne daß es jemand bemerkt, in den Gang der Maschine hinein: ein Krach und das Unglück ist geschehen. Die Schmierung wird versäumt, oder ein Schmierkanal verstopft sich: Kolben, Ventile, Wellen brennen fest oder ein Weißmetallager schmilzt aus. Dampfmaschinen werden häufig durch Wasserschlag (Eindringen von Wasser in den Zylinderraum) beschädigt; an Dampfkesseln kommen häufig Einbeulungen an den Flammrohren oder Verbiegungen der Wasserrohre vor, die durch Wassermangel verursacht sind und meistens recht bedeutende Reparaturkosten erfordern.

Trotz aller Fortschritte der Technik werden elektrische Maschinen, Apparate und Leitungen häufig durch Kurzschluß beschädigt. Solche Schäden machen dann Neuwicklungen von Ankern oder Spulen und Neuisolationen nötig.

Die Arbeitsweise der Maschinen ist hierin der menschlichen Tätigkeit ähnlich: auch der arbeitende Mensch ist bestrebt, seine Arbeitskraft dauernd ungeschwächt zu erhalten. Er sorgt deshalb für vernünftige Lebens- und Ernährungsweise, er geht zum Arzt, wenn er sich unwohl fühlt, ehe sich eine Krankheit zu einem dauernden Schaden ausgewachsen hat, und er unternimmt, wenn irgend möglich, alljährlich eine Erholungsreise. Aber damit allein ist es noch nicht getan. Der Mensch kann auf der Straße ausgleiten und sich verletzen oder von der Straßenbahn falsch abspringen und stürzen. Der Unfall hat seine Berechnungen durchkreuzt. · Gegen die nachteiligen Folgen, die der Zufall für die menschliche Arbeits-

kraft hat, kann nur die Versicherung Schutz bieten und jeder vorsichtige Mensch, der auf seine Arbeitskraft angewiesen ist, wird daher rechtzeitig eine Unfallversicherung nehmen.

Auch bei Maschinen kann Schutz gegen Schäden, die durch Zufall entstehen, nur durch eine Versicherung der Maschinen gegen Unfälle und durch Versicherung gegen Betriebsverlust aus Maschinenunfällen erreicht werden. Die Maschinen- und Betriebsverlustversicherung ist eine der jüngsten Versicherungsarten; sie hat sich aber in den wenigen Jahren ihres Bestehens bereits große Zuneigung bei den Industriellen erworben. Sie eignet sich für große Betriebe, die Maschinen im Wert von Millionen von Mark in großen Maschinenhallen stehen haben, wie für kleine Betriebe, wo in enger Werkstatt nur einige wenige Arbeitsmaschinen von einem Elektromotor angetrieben werden. Denn ob der Betrieb groß ist oder klein, das Feiern der Maschinen kann keiner ertragen.

Der Vorteil, den eine Maschinen- und Betriebsverlustversicherung bietet, ist der, daß der Maschinenbesitzer gegen Zahlung einer bestimmten, mäßigen Prämie sichergestellt ist vor plötzlichen, vielleicht recht bedeutenden Belastungen seines Unkostenkontos. Er kann, wenn er versichert ist, mit einem bestimmten nicht übermäßig hohen Betrag in seiner Bilanz rechnen, während der Maschinenbesitzer, der eine solche Versicherung nicht eingegangen hat, stets befürchten muß, durch einen Unfall seiner Maschinen einen Verlust zu erleiden, der den ganzen Gewinn des Jahres oder jedenfalls einen großen Teil desselben verzehrt.

Die Maschinen- und Betriebsverlustversicherung wird

bis jetzt nur von einigen wenigen Versicherungs-Gesellschaften, u. a. von der Stuttgarter Mit- und Rückversicherungs-Aktien-Gesellschaft in Stuttgart [1] geboten. Es werden ersetzt in der Maschinenversicherung bei einem reparierbaren Schaden die Kosten für Ersatzteile, Fracht und Montage unter Zugrundelegung der einfachen Werktaglöhnung, d. h. also diejenigen Kosten, die zur Widerherstellung der beschädigten Sachen in den früheren Zustand nötig sind. Kosten für Veränderungen und Verbesserungen über diesen Zustand hinaus, die anläßlich der Reparatur etwa vorgenommen werden, werden natürlich nicht ersetzt. Bei völliger Zerstörung einer versicherten Sache wird der Wert ersetzt, den die versicherte Sache unmittelbar vor dem Schadenereignis gehabt hat.

Die Betriebsverlustversicherung umfaßt denjenigen Betriebsverlust, der durch Stillstand der Maschinen infolge eines unter den Versicherungsschutz fallenden Maschinenschadens entsteht. Hier kommen hauptsächlich folgende Schädigungen in Betracht: Verminderung der Produktion durch den Betriebsstillstand, Beschädigung oder Entwertung der Rohmaterialien, die infolge des Stillstands nicht verarbeitet werden können, Lohnzahlungen an Arbeiter, die während der Dauer des Betriebsstillstands nicht angemessen beschäftigt werden können, aber trotzdem entlohnt werden müssen. Die Betriebsverlustversicherung umfaßt also den entgangenen Verdienst wie auch die wirklich bezahlten Unkosten. Wenn durch besondere Maßnahmen des Versicherten der Betriebsverlust vermindert wird, so fallen die Kosten, die diese Maßnahmen verursacht haben, der Versicherungsgesellschaft zur Last. Eine solche Maßnahme ist z. B. das Aufstellen einer Aushilfsmaschine, in der Regel

eine Lokomobile, für eine beschädigte Kraftmaschine. Denn die Reparatur eines Schadens an einer Kraftmaschine — etwa das Einsetzen eines neuen Zylinders — nimmt oft Wochen in Anspruch und ein so langer Stillstand verursacht einen beträchtlichen Verlust.

Die Ersatzleistung der Versicherungsgesellschaft für Betriebsverlust ist in der Regel auf 100, mitunter auch mehr Prozent der Entschädigung für Maschinenunfall festgesetzt. Es ist allerdings möglich, daß der Betriebsverlust auch einmal höher wird als der Maschinenschaden. Im Allgemeinen hat jedoch ein geringer Maschinenschaden nur einen kurzen Betriebsstillstand und damit einen geringeren Betriebsverlust zur Folge und umgekehrt verursacht ein höherer Maschinenschaden auch einen höheren Betriebsverlust. Höhe des Maschinenschadens und Betriebsverlust stehen also stets in einem gewissen Verhältnis zueinander, und es dürfte der Fall nur ausnahmsweise eintreten, daß der Betriebsverlust wesentlich höher wird als der Betrag des Maschinenschadens.

Im Schadenfall ist natürlich so fortige Mitteilung an die Versicherungsgesellschaft nötig, damit festgestellt werden kann, welcher Art der Schaden ist, und welchen Umfang er erreicht. Um die Höhe des Schadens in einwandfreier Weise feststellen zu können, ist ein Abschätzungsverfahren durch Sachverständige vorgesehen, derart, daß der Versicherte sowohl als die Versicherungsgesellschaft einen Sachverständigen ernennen, die dann beide gemeinsam einen Obmann wählen, der über etwa streitig gebliebene Punkte entscheidet. Durch dieses Verfahren soll eine objektive Feststellung der Schadenhöhe ermöglicht werden.

Auf Schäden, die auf den normalen Gebrauch der Maschinen zurückzuführen sind, erstreckt sich der Versicherungsschutz nicht; also Schäden, die durch natürliche Abnutzung entstehen, sind nicht ersatzpflichtig. Die Maschinenversicherung ist keine Lebens-, sondern eine Unfallversicherung und der Versicherungsnehmer hat es in der Hand, größere Schäden infolge natürlicher Abnutzung zu vermeiden, indem er seine Maschinen regelmäßig nachsehen und die abgenutzten Teile rechtzeitig durch neue ersetzen läßt.

Ebenso können Bagatellschäden nicht Gegenstand des Versicherungsvertrags sein. Die Maschinenversicherung will Schutz bieten gegen pekuniär schwer schädigende Unfälle; gegen kleine und kleinste Schäden ist eine Versicherung unnötig. Das Versicherte übernimmt daher einen gewissen niedrigen Betrag als Selbstversicherung.

Die Möglichkeit des Eintritts von Schäden ist natürlich bei den verschiedenen Maschinenarten verschieden. Am meisten sind Kraftmaschinen Beschädigungen ausgesetzt. Die in diesen Maschinen bewirkte Erzeugung der Energie bedingt eine besonders starke Beanspruchung der Maschine als Ganzes und die in einzelnen Teilen aufgespeicherte Energie kann einen geringen Defekt leicht zur Katastrophe vergrößern. Hierfür einige Beispiele aus der Praxis, die zeigen, wie eine geringe Ursache einen bedeutenden Schaden herbeiführen kann.

In einer Dampfziegelei in Schlesien[1] explodierte das Schwungrad infolge gesteigerter Tourenzahl, da der Regulatorriemen riß, und der Regulator nicht mehr funktionierte. Die fortgeschleuderten Bruchstücke

des Schwungrads beschädigten eine Dynamomaschine und das Maschinenhaus, töteten den Maschinisten und verletzten den Betriebsleiter schwer. Die Beiden waren herbeigeeilt, um die rasend laufende Maschine abzustellen. Der Schaden ereignete sich in der Hauptsaison des Ziegeleibetriebs, der durch den Stillstand des Betriebs verursachte Betriebsverlust erreichte eine gewaltige Höhe.

In einer rheinischen Elektrizitätszentrale sollten die 8 vorhandenen Wasserturbinen zwecks Reinigung geöffnet werden. Die Turbinendeckel waren infolge jahrelanger Benutzung festgerostet. Beim Herunterpressen derselben mit Schrauben und Keilen zerbrachen zwei Deckel und mußten mit bedeutenden Kosten erneuert werden.

An der Dampfmaschine eines Dampfmühlenwerks in Sachsen[1] riß aus unbekannter Ursache eine der beiden Schrauben am Kopf der Pleuelstange ab. Die andere Kopfschraube riß nun natürlich gleichfalls ab. Der freigewordene Kolben schlug gegen den hinteren Zylinderdeckel, zertrümmerte diesen und ging selbst in Stücke. Kolbenstange, Pleuelstange, Stopfbüchsen u.s.w. erlitten Beschädigungen. Bei diesem Unfall erhielt der Kreuzkopf einen Haarriß, der von den Monteuren nicht bemerkt wurde. Der Riß vergrößerte sich durch die Beanspruchung des Betriebs, so daß die Maschine nach einigen Monaten wiederum in ähnlicher Weise beschädigt wurde. Durch den zweimaligen Stillstand entstand ein hoher Betriebsverlust.

Nächst den Kraftmaschinen sind die Leiter der Energie, die Transmissionsanlagen, häufigen und schweren Unfällen ausgesetzt. An einer großen Trans-

mission brach die Sohlplatte eines Stehlagers infolge einer vorhandenen Lunkerstelle. Die Transmission senkte sich an dieser Stelle, und die Welle lief nicht mehr zentrisch. Dadurch entstanden in der Hillkupplung Spannungen, die die Kupplung schließlich zersprengten. Auch hier richteten die fortgeschleuderten Stücke allerlei Schaden an.

Dampfkesselschäden sind keine Seltenheit, und sie sind, da sie leicht einen bedeutenden Umfang annehmen, sehr gefürchtet. Das richtige Funktionieren eines Dampfkesselbetriebs hängt von so vielen Kleinigkeiten ab, daß es nur eines geringfügigen Zufalls oder einer kleinen Unachtsamkeit des Heizers bedarf, um den Kessel zu beschädigen. Dies zeigt folgender Vorfall:

Das Wasserstandsglas eines Zweiflammrohrkessels hatte sich verstopft; der Wasserstand im Kessel sank, ohne das es der Heizer bemerkte. Beim Auflockern des Feuers sah der Heizer, daß Einbeulungen an den Flammrohren vorhanden waren. Trotzdem er sofort das Feuer herausriß, mußten die ersten Schüsse der Flammrohre (Wellrohre) erneuert werden.

Arbeitsmaschinen verhalten sich natürlich ganz verschieden, was die Häufigkeit und die Schwere von Schäden anbetrifft.

So werden Buchdruckereimaschinen meistens durch Einfallen irgend eines Gegenstandes oder durch Lockern und Zwischenfallen einer Schraube oder Mutter, einer Rolle oder sonst eines kleinen Maschinenteiles beschädigt. Die verschiedensten Gegenstände bleiben auf der Maschine liegen und fallen zwischen die sich bewegenden Teile: Schraubenschlüssel, Papier-

fetzen, Putzlappen, Kartonstücke, kleine Bleistifte u.s.w. Da Buchdruckereimaschinen sehr empfindlich sind und sehr sorgfältig repariert werden müssen, so stellt eine Buchdruckereimaschinenanlage ein bedeutendes Risiko dar.

In Bierbrauereien kommt es häufig vor, daß am Kompressor der Kühlanlage ein Ventilkegel abbricht, in den Zylinderraum fällt und sich zwischen Kolben und Zylinderdeckel klemmt. Dadurch wird entweder der Kolben oder der Zylinderdeckel oder beide beschädigt, außerdem wird in der Regel noch die Kolben- und Pleuelstange verbogen.

Die großen Papiermaschinen in Papierfabriken erleiden häufig Unfälle, indem durch die Papiermasse irgend ein Fremdkörper zwischen die wertvollen Walzen gelangt, die dann erneuert werden müssen.

In Betrieben der Eisen- und Metallbearbeitungsindustrie sind Pressen und Walzen besonders gefährdete Objekte. Die gußeisernen Ständer dieser Maschinen brechen häufig, ohne daß eine bestimmte Ursache für diese Schäden angegeben werden kann. Große Gußstücke erleiden überhaupt häufig Risse, ohne eigentlichen Grund, und es ist bis jetzt noch nicht in einwandfreier Weise festgestellt, worauf solche Schäden zurückzuführen sind. Häufig dürften Materialspannungen, die beim Gießen entstanden sind, eine Rolle dabei spielen oder Wärmedehnungen bei Stücken, die wechselnder Temperatur ausgesetzt sind, z. B. bei Dampfzylindern. Es ist jedoch eine offene Frage, ob nicht ganz normale Gußstücke (oder auch komplizierte Stücke aus Stahl, z. B. Kurbelwellen), die ungünstig beansprucht werden, im Laufe der Zeit infolge der dauernden Anstrengung

durch den Betrieb an Festigkeit so stark verlieren, daß sie schließlich an dem stärkstbeanspruchten Querschnitt brechen. Es scheint, daß selbst bei ganz normalen und genügend starken Stücken unter gewissen ungünstigen Beanspruchungs-Verhältnissen mit der Zeit eine Lockerung des Gefüges eintritt, die schließlich zum Bruch führt.

Es würde zu weit führen, wollte man alle Spezialmaschinen und alle verschiedenen Schadenmöglichkeiten aufführen. Es sei nur noch darauf hingewiesen, daß es kaum eine Maschinenart gibt, die nicht den verschiedensten Unfällen ausgesetzt wäre.

Die deutsche Volkswirtschaft industrialisiert sich mit jedem Jahre mehr. Viele neue gewerbliche Betriebe entstehen. Bedingung aber für das Gedeihen des Gewerbebetriebes ist, daß der Betrieb stets ohne Störung arbeitet, bzw. daß der Unternehmer bei Eintreten einer Störung infolge eines Maschinenunfalls gegen die zweifachen Nachteile des Unfalls (Reparaturkosten und Betriebsverlust) geschützt ist. Zweifellos kommt der Maschinen- und Betriebsverlust-Versicherung deshalb eine hohe Bedeutung zu und diese junge Versicherungssorte dürfte eine große Zukunft noch vor sich haben.

Dingl. Pol. Journal, vom 25. Januar 1913, Seite 49.

XLIX. Die Entstehung der Westinghouse-Bremse

Von Regierungsrat Wernekke

Der Tod von George Westinghouse[1] gibt Veranlassung zu einem Rückblick auf die Geschichte der von ihm erfundenen Druckluftbremse, denn wenn er auch auf

anderen Gebieten der Technik, namentlich auf dem der Anwendung der Elektrizität, Bedeutendes geleistet hat, so verdankt er es doch in der Hauptsache seiner Bremse, daß sein Name heute zu den bekanntesten gehört. Auch für ihn selbst mag die Erfindung seiner Bremse derjenige Teil seiner Lebensarbeit gewesen sein, der für seine eigene Entwicklung als Techniker den Ausschlag gegeben hat, denn diese Erfindung fällt bereits in die zwanziger Jahre seines Lebens, während seine späteren Leistungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik einer Zeit angehören, in der er bereits die allgemeine Anerkennung besaß und Leiter seiner großen Fabriken war. Westinghouse ist zwar nicht der erste gewesen, der den Gedanken gehabt hat, einen Zug mit Hilfe von Druckluft zum Halten zu bringen; es gibt vielmehr eine Anzahl englische Patente aus den fünfziger und sechziger Jahren,[1] in denen dieser Gedanke bereits entwickelt wird, und Westinghouses grundlegendes Patent enthält demgegenüber nichts wesentlich Neues. Jenen Erfindern ist es aber nicht gelungen, ihrem Gedanken zur praktischen Durchführung und zur Anerkennung zu verhelfen, und es kann zweifelhaft sein, ob es verdienstlicher ist, eine Erfindung zu machen oder sie in eine solche Form zu bringen, daß eine neue Technik auf ihr aufgebaut werden kann. Auch Westinghouse ist bei der Erfindung seiner Druckluftbremse nicht gleich auf den richtigen Gedanken gekommen; er hat erst den Plan erwogen, Dampf in ähnlicher Weise zu verwenden, wie er sie später für Druckluft eingeführt hat. Er fand aber bald, daß dieser Weg ungangbar war und gab ihn deshalb wieder auf.

Nach den eigenen Angaben von Westinghouse, die er in einem Vortrag vor dem Verein der amerikanischen

Maschineningenieure als dessen Vorsitzender im Jahre 1910 gemacht hat, kam er dadurch auf den Gedanken, sich mit der Bremsung von Eisenbahnzügen zu beschäftigen, daß er im Jahre 1866, als er 20 Jahre alt war, wegen des Zusammenstoßes zweier Güterzüge auf der Strecke, die er eben bereisen wollte, einen unfreiwilligen Aufenthalt von mehreren Stunden nehmen mußte.

Wenige Zusammenstöße, sagt die englische Zeitschrift *Engineering* bei der Würdigung von Westinghouses Lebenswerk, haben wohl so schwerwiegende Folgen gehabt wie jener. Die ersten Versuche, die er dann anstellte, litten ebenso wie andere, die um jene Zeit ausgeführt wurden, daran, daß die durchgehenden Bremsen sich nur für ganz kurze Züge eigneten. Die erste Westinghouse-Bremse bestand aus einer Kette, die von einem Dampfkolben auf der Lokomotive angezogen wurde und ihrerseits die Bremsklötze an die Räder anpreßte. Ihre Leistung ging nicht über vier Wagen hinaus. Um diesem Übelstand abzuhelfen, wurde auf jedem Wagen ein Dampfzylinder angebracht, der zum Anziehen der Bremse dienen sollte; hierbei stellte es sich aber, wie schon angedeutet, als unmöglich heraus, den Dampf mit der erforderlichen Geschwindigkeit den einzelnen Wagen zuzuführen. Um jene Zeit las Westinghouse von der Verwendung von Druckluft beim Bau des Mont-Cenis-Tunnels,[1] und das brachte ihn auf den Gedanken, auch bei seiner Bremse den Dampf durch Druckluft zu ersetzen.

Im Jahre 1868 wurde die erste Bremse mit Druckluftantrieb versuchsweise fertiggestellt, und es gelang Westinghouse auch, eine amerikanische Eisenbahnverwaltung dafür zu gewinnen, daß sie sie versuchsweise in einen Zug einbaute. Dieser Versuch fiel so günstig aus, daß die

Pennsylvania-Eisenbahn, bekanntlich eine der rührigsten unter den amerikanischen Eisenbahngesellschaften und eine der wenigen unter ihnen, deren Verwaltung auch den Ansprüchen des deutschen Fachmannes zu genügen vermag, einen Zug von zehn Wagen mit der Westinghouse-Bremse ausrüstete, und dieser Versuch wiederum veranlaßte die Michigan Central-, die Chicago und Northwestern- und noch einige andere Eisenbahnen, ebenfalls in diesem Sinne vorzugehen. Die damalige Druckluftbremse bestand aus einem Luftbehälter auf der Lokomotive, in dem die Luft durch eine Pumpe verdichtet wurde, Bremszylindern an jedem Wagen und einer den ganzen Zug entlang führenden Leitung. Sollte der Zug angehalten werden, so wurde die Luft mit einem Druck von etwa 5 Atmosphären aus dem Behälter auf der Lokomotive in die Bremszylinder geleitet, wodurch die Bremsklötze gegen die Räder gepreßt wurden. Diese Vorrichtung hatte noch den Nachteil, daß die Bremse bei Zugtrennungen nicht wirkte. Dieser Übelstand wurde durch die selbsttätige Bremse vom Jahre 1872 beseitigt. Bei ihr trat zu den bisherigen Einrichtungen ein Hilfsluftbehälter unter jedem Wagen, aus dem die Luft in die Bremszylinder eintrat, sobald der Luftdruck in der Leitung nachließ; bei einer Zugzerreißung, bei der also der Überdruck in der Leitung ganz aufhörte, sprachen infolgedessen die Bremsen selbsttätig an. 1875 wurden die ersten Bremsversuche mit dieser Bauart auf der englischen Midlandbahn[1] durch eine Königliche Kommission, die zur Untersuchung von Eisenbahnunfällen eingesetzt war, angestellt, und die Westinghouse-Bremse zeigte unter den Bremsen, die zum Vergleich herangezogen wurden, die besten Ergebnisse. In den nächsten

fünf Jahren wurden in verschiedenen Ländern ähnliche Versuche angestellt, von denen diejenigen auf der englischen Nordostbahn [1] und der London, Brighton und Südküsten-Eisenbahn im Jahre 1879 die bekanntesten sind. Sie haben zur Aufstellung von Grundsätzen für den Bau und die Wirkungsweise der Bremsen geführt, die zum Teil heute noch Gültigkeit besitzen.

In den Vereinigten Staaten wurde im Gegensatz zu Europa die durchgehende Bremse schon bald für Güterzüge ausgebildet. In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre wurden dort Versuche angestellt, deren Ergebnis die Erkenntnis war, daß die Westinghouse-Bremse bei dem damaligen Stande ihrer Entwicklung für sehr lange Züge noch nicht geeignet war. Damals entstand die Schnellbremse, die sich mittlerweile so entwickelt hat, daß man beinahe sagen kann, der ganze Zug wird gleichzeitig gebremst. Die wesentliche Neuerung war damals das sogenannte Funktionsventil, das die Einleitung der Bremsung rasch bis an das Ende des Zuges fortpflanzte. Die neuesten Versuche, die auf diesem Gebiete angestellt worden sind, sind diejenigen bei der Pennsylvania-Eisenbahn mit einer Westinghouse-Schnellbremse mit elektrischer Steuerung. Mit dieser sind ausgezeichnete Erfolge erzielt worden, doch ist ihr Mechanismus etwas verwickelt, so daß ihrer Verwendung im regelmäßigen Dienst gewisse Bedenken entgegenstehen.

Wie schon erwähnt, ist die Westinghouse-Bremse eine Druckluftbremse, und zwar eine Einkammerbremse, d. h. eine solche, bei der der Kolben im Arbeitszylinder mit Hilfe des Überdrucks in der Luftleitung nur in einem Sinne bewegt wird, während bei einer Luftsaugebremse der äußere Luftdruck die Bewegung herbeiführt und bei

einer Zweikammerbremse der Luftdruck auf beide Seiten des Kolbens im Bremszylinder wirken kann, so daß die Bremsen durch den Überdruck auf der einen Seite angezogen, durch den auf der anderen Seite gelöst werden. Abarten der Westinghouse-Bremse sind die Knorr-[1] und die Schleiferbremse, während die bekannte Carpenterbremse eine Zweikammerbremse ist. Von der Schleiferbremse gibt es aber auch eine Zweikammerform. Von den Luftsaugebremsen seien hier die Bauarten Hardy und Körting als Einkammer- und die Bauart Hardy-Clayton als Zweikammerbremse erwähnt.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 13 vom 1. Juli 1914, Seite 244.

L. Flußeiserne Lokomotivfeuerbüchsen

Nach dem Ende der 1880er und Anfang der 1890er Jahre in der Literatur häufige Mitteilungen über die Verwendung von Flußeisen zu Lokomotivfeuerbüchsen erschienen sind, Mitteilungen, die sich im großen und ganzen auf die langjährigen sehr günstigen Erfahrungen in nordamerikanischen Eisenbahnbetrieben stützten, ist die Behandlung dieser Sache in der Öffentlichkeit mehr zurückgetreten, nachdem Versuche auf den preußischen Staatsbahnen mit Flußeisen zu Lokomotivfeuerbüchsen nicht die Vorteile ergeben zu haben scheinen, die man erwartet hatte. Nachdem nun die kriegerischen Verhältnisse es notwendig gemacht haben, den Verbrauch von Kupfer für alle Zwecke, die nicht unmittelbar im Interesse des Krieges liegen, einzuschränken, so sind auch die deutschen Eisenbahnverwaltungen dazu übergangen,

während des Krieges[1] Feuerbüchsen aus Flußeisen bauen zu lassen. Man wird mit besonderem Interesse den Ergebnissen dieser durch die Kriegslage erzwungenen Versuche entgegensehen müssen, da es sehr nahe liegt, auch nach Beendigung des Krieges, selbst wenn Kupfer wieder in dem alten Umfange zur Verfügung steht, das Flußeisen zu den Feuerbüchsen beizubehalten, da nach allen Erfahrungen anderer Länder es gar nicht einzusehen ist, weshalb das Flußeisen sich nicht auch hier die Stellung erringen soll, die es sich dort schon in langen Jahrzehnten erworben hat. In diesem Zusammenhang ist es daher interessant, über einen Aufsatz zu berichten, den Ernst Meyer kürzlich unter dem vorstehenden Titel hat erscheinen lassen.*

Ausgehend von der Tatsache, daß die Vereinigten Staaten von Nordamerika den größten Anteil an der Kupfergewinnung haben, stellt Meyer treffenderweise fest, wie seltsam die Tatsache berühre, daß in Nordamerika zu Lokomotivfeuerbüchsen Kupfer überhaupt nicht, bei uns dagegen, die wir auf den Kupferbezug vom Auslande fast vollständig angewiesen sind, nur ausschließlich verwendet werde.

„Ursprünglich waren auch in Nordamerika kupferne Feuerbüchsen üblich, und sie sind erst verdrängt worden zu einer Zeit, als mit der Einführung des Siemens-Martin-Verfahrens[2] sich das Flußeisen im Flammofen auf beliebige Härtegrade und in gewisser Reinheit darstellen ließ. Der Übergang zum Flußeisen erfolgte aber eigentlich nur deswegen, weil es sich als widerstandsfähiger zeigte und dem schon damals in

* *Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen*, 3. März 1915, S. 195/6.

Amerika üblichen ununterbrochenen Lokomotivbetriebe besser gewachsen war. Bei doppelter und dreifacher Besetzung der Lokomotiven und dazu äußerster Anstrengung derselben unterlag das weiche Kupfer schon durch mechanische Einwirkungen bei der Feuerung größter Abnutzung. Dem Flußeisen aber war das andauernde Feuerhalten im Gegenteil Lebensbedingung, weil ihm die mit häufiger Dienstunterbrechung verbundenen Abkühlungen im Feuerraum gefährlich sind. Nun finden wir aber in Amerika die flußeisernen Feuerbüchsen nicht allein bei den großen Lokomotiven der Eisenbahnen, sondern durchweg auch in den Kesseln der Verschiebe- und Schmalspurlokomotiven, deren Dienstleistungen sich von den unseren kaum unterscheiden. Hieraus ist also ohne weiteres abzuleiten, daß die Wahl des Feuerbüchsmaterials gewissermaßen willkürlich erfolgt und nach der Gewohnheit des betreffenden Landes festgesetzt wird.

„Auf den europäischen Bahnen und in verschiedenen anderen Ländern ist man bei der Verwendung von Kupferplatten geblieben. Eingehende Versuche, die sich in längeren Zwischenräumen immer wiederholten, haben die Überlegenheit des Kupfers für unsere Verhältnisse dargetan. Sie liegt begründet in der längeren Lebensdauer von durchschnittlich acht bis zehn Jahren gegenüber drei bis fünf Jahren bei Flußeisen. Wenn auch die reinen Kupferkosten in normalen Zeiten 15- bis 20 mal so hoch sind wie die des Eisens, so kann der ersparte Betrag nicht so sehr ins Gewicht fallen gegenüber den [1] durch häufiges Auswechseln und damit zusammenhängende Außerdienststellung der Maschine sowie vermehrte Erhaltungsarbeiten verursachten Ausgaben. Sodann behält das Kupfer immerhin einen ziemlich hohen Altwert. Neigt nun das

Flußeisen bei den unvermeidlichen Temperaturschwankungen zur Rissebildung, so liegt für das Kupfer eine Gefahrenquelle in seiner geringen Festigkeit, die mit zunehmender Dampfspannung empfindlich nachläßt. Diesen verschiedenen Eigenschaften der Materialien muß nun Rechnung getragen werden (1) [1] durch geeignete Bauweise der Kessel und (2) durch entsprechende Behandlung derselben im Betriebe.

„Das Kupfer hat in der Regel eine Festigkeit von mindestens 22 kg auf 1 qmm und dehnt sich im kalten Zustand auf der Zerreißmaschine um 38% [2] seiner ursprünglichen Länge, bevor es bricht. Bei Erwärmung auf 180°, welche einem Dampfdruck von 10 at entspricht, beträgt die Festigkeit nur 20 kg und bei 199° oder 15 at 18,5 kg. Sie nimmt weiter ab auf 8 kg bei 450° und verliert sich ganz bei 578°. Dieser letztere Fall kommt im Kesselbetriebe nicht vor, sobald Wasser im Kessel ist. Aber die Wärme des Kupfers übersteigt die des Kesselwassers bedenklich, wenn sie durch einen Kesselsteinbelag verhindert wird, in das Wasser überzugehen, und an solchen Stellen entstehen die durch große Ausdehnung des weich gewordenen Kupfers hervorgerufenen Ausbeulungen zwischen den Stehbolzen. Das Material läßt sich aber leicht verarbeiten, und die Nähte sind gut dicht zu halten. Die Wandstärken sind in der Regel 15 bis 16 mm und im oberen Teile der Rohrwand 25 bis 30 mm. Die auftretenden Schäden sind vielfach die Folgen unvorsichtiger Behandlung und bestehen in einer großen Ausdehnung des Metalls, durch welche die verankerten Platten in den Umbögen zum Bruche gebracht werden. Bekannt ist ja das durch wiederholtes Aufwalzen der Rohre hervorgerufene Strecken der Rohrwand, welches

nach oben erfolgt. Die Wand streckt sich am meisten im mittleren Teil, weil die Seitenteile durch die Krempen gesichert sind. Durch die ungleichmäßige Stoffverschiebung entstehen dann die ovalen Rohrlöcher sowie Stegbrüche.

„Diese Kessel erfordern also vorsichtige Behandlung, peinliche Überwachung und Reinigung. Sie haben aber den Vorzug einer gewissen Unempfindlichkeit gegenüber plötzlichen Abkühlungen, da das Material im Betriebe nicht spröde wird. Seit längeren Jahren sucht man jedoch auch bei uns für die mit hohem Dampfdruck von 16 at arbeitenden Kessel der Verbundlokomotiven einen geeigneten Ersatz für das Kupfer.

„Die Flußeisenplatten zu Feuerbüchsen erhalten in Amerika 36,5 bis 43,5 kg Festigkeit auf 1 qmm bei mindestens 26% Ausdehnung des 200 mm langen Probestabes. Diese Zahlen entsprechen ungefähr unseren Vorschriften für Kesselbleche, welche 34 bis 41 kg Festigkeit bei mindestens 25% Phosphor und Schwefel, die das Eisen brüchig machen. Dies sind Bedingungen, die unsere Stahlwerke mit Leichtigkeit erfüllen können. Die Wandstärken werden viel geringer gehalten als bei Verwendung von Kupfer, und zwar darum, weil die dünneren Wände biegsamer sind und den auftretenden Spannungen besser nachgeben können, ohne die gefährlichen Risse hervorzurufen. Die bessere Wärmeleitfähigkeit kommt hierbei nicht in Betracht. Eiserne Wände leiten allerdings die Wärme bedeutend schlechter als z. B. kupferne, aber diese Durchlaßziffer spielt beim Kesselbetrieb nur eine untergeordnete Rolle gegenüber den Widerständen zwischen Heizgasen, Metall und Kesselwasser, gar nicht zu reden von Rußschicht und Kesselsteinansatz. Rück-

wand, Seiten und Decke sind 8 bis 9½ mm stark, Rohrwände meist 12,7 mm. Selbst an den neuern Mallet[1] – Lokomotiven der Amerikanischen Lokomotiv-Gesellschaft, deren Kessel 2590 mm Durchmesser haben und 15,5 at Dampfspannung, sind die Wände der gewaltigen Feuerbüchsen nur 9½ mm stark ausgeführt. Man ist ferner dazu übergegangen, einen großen Teil der über 1000 seitlichen Stehbolzen beweglich einzurichten. Der Wasserraum zwischen den Feuerbüchswandungen wird in der Regel größer gehalten als bei uns und der Fußrahmen nur einreihig genietet. Vorteilhaft ist, daß die Rohrwand sich nicht ausdehnt, wie die kupferne. Dagegen erfordert die Dichtung der Siederohre die Zwischenlage von 1 mm starken, nahtlosen Kupferringen. Die Stehbolzen bestehen aus demselben Material wie die Feuerbüchsen, nämlich Flußeisen, und sitzen entsprechend enger.

„Wie schon gesagt, ist die flußeiserne Feuerkiste empfindlich gegenüber häufigen und plötzlichen Abkühlungen. An der Wasserseite der Bleche treten gerne Risse auf, die von den Stehbolzenlöchern ausgehen, sich manchmal auch zwischen diesen hinziehen und seltener bis zur inneren Seite durchkommen. Die Feuerseite dagegen wird abgezehrt und abgerostet, namentlich an den Stellen, wo sich infolge schlechten Speisewassers oder durch sonstige Einflüsse Undichtigkeiten gezeigt haben, so z. B. um die Stehbolzen- und Nietköpfe, an den Nähten, am Fußrahmen u.s.w. Wenn aber die Behandlung sich dem neuen Baustoffe anpaßt, so dürfte es wohl trotz dieser Mängel gelingen, eine genügend große durchschnittliche Lebensdauer zu erzielen.

„Die flußeiserne Feuerbüchse erfordert sorgfältige Prüfung des Materials und gute Verarbeitung, schonende

Wartung sowie Anpassung des Betriebes im Sinne des oben Gesagten und nicht zuletzt richtige Behandlung in den Werkstätten. Hierzu gehören seltenes Kaltstellen, dann aber langsames Abkühlen des Kessels unter Schließung von Aschkasten und Schornstein sowie unbedingtes Heißauswaschen. Sollte es dem Flußeisen schließlich gelingen, auf diesem Gebiet festen Fuß zu fassen, so würde dies einen Fortschritt bedeuten, auch im vaterländischen Sinne."

Besondere Beachtung verdient auch eine unlängst in der *Teknisk Tidskrift* * veröffentlichte Mitteilung über die Verwendung flußeiserner Feuerbüchsen in den skandinavischen Ländern.

Die schwedischen Staatsbahnen haben bereits seit einer Reihe von Jahren Versuche auf diesem Gebiete angestellt. Die erste flußeiserne Feuerbüchse wurde im Jahre 1908 eingebaut und ist seither noch immer im Gebrauch. Die Gäfle-Dala-Bahn [1] hat sechs ihrer Lokomotiven mit flußeisernen Feuerbüchsen ausgerüstet. Die Stehbolzen bestehen dabei aus weichem Eisen und sind hohlgezogen. In der gegenwärtigen Kriegszeit, wo die Kupferbeschaffung Schwierigkeiten bereitet, haben die schwedischen Staatsbahnen wiederum flußeiserne Feuerbüchsenbleche bestellt; für zwei Sätze wurde Nickelstahl mit 24% Nickel und möglichst niedrigem Kohlenstoffgehalt vorgeschrieben. Das von den Avesta-Werken [2] zu liefernde Material soll folgenden Bedingungen entsprechen: Bruchgrenze 75,6 kg/qmm, Dehnung bei 200 mm Meßlänge 33,5% und Querschnittsverminderung 44,3%. Die Härtezahl nach Brinell [3] mit einer 10-mm-Kugel und 3000 kg Belastung beträgt 269. Ein Probestreifen von einem derartigen

* *Teknisk Tidskrift*, Abt. Mekanik, 10. März 1915, S. 28.

Blech, der auf Weißglut erhitzt und darauf in kaltes Wasser getaucht wurde, ließ sich zusammenbiegen und zusammenschlagen, ohne daß Risse an der Biegestelle entstanden, trotzdem der Grat nach dem Schneiden nicht entfernt worden war. Weitere 18 Sätze sollen aus bestem Siemens-Martin-Material, dessen Phosphorgehalt nicht über 0,05 % gehen darf, hergestellt werden. Die Zugfestigkeit soll 34 bis 39 kg/qmm, und die Dehnung auf 200 mm Meßlänge mindestens 23 % betragen, wobei die Summe aus Zugfestigkeit und Dehnung mindestens die Qualitätszahl 62 erreichen soll. Streifen mit gut abgerundeten Kanten, ungehärtet oder gehärtet (bei schwacher Rotglut in Wasser von + 28°), sollen sich in kaltem Zustand um 180° umbiegen und zusammenschlagen lassen, so daß sich die beiden Schenkel auf ihrer ganzen Länge berühren, ohne daß erhebliche Risse entstehen. Von den erwähnten 18 Sätzen sollen 3, die ebenfalls von den Avesta-Werken zu liefern sind, ganz geschweißt ausgeführt werden. Die Stehbolzen für die in Frage kommenden Feuerbüchsen bestehen aus Martinflußeisen; letzteres muß frei von Rotbruch sein und einen Phosphorgehalt von höchstens 0,05 % haben. Die Zugfestigkeit soll 32 bis 38 kg/qmm und die Dehnung mindestens 28 % auf 200 mm Meßlänge betragen. Die Proben sollen sich in kaltem Zustand um 180° zusammenbiegen und zusammenschlagen lassen, so daß die beiden Schenkel dicht zusammenschließen, ohne daß sich beim Biegen Risse zeigen. Der Preis der Nickelstahl-Feuerbüchsen ist in Anbetracht der augenblicklich sehr hohen Nickelpreise ungefähr derselbe wie der der kupfernen Feuerbüchsen; die ganz geschweißten Martinstahl-Feuerbüchsen sind etwa halb so teuer als die kupfernen, und diese sind wiederum etwa

achtmal so teuer als die übrigen aus Martinmaterial hergestellten genieteten Feuerbüchsen.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß auch die norwegischen Staatsbahnen reiche Erfahrungen mit flußeisernen Feuerbüchsen haben. Im Drontheimer[1] Bezirk laufen 17 mit derartigen Feuerbüchsen ausgerüstete Lokomotiven, die von den Baldwin-Lokomotiv-Werken gebaut und mit einigen wenigen Ausnahmen seit 11 bis 18 Jahren im Betrieb sind. In anderen Bezirken Norwegens hat man allerdings weniger günstige Erfahrungen mit derartigen Baldwin-Lokomotiven gemacht.

Stahl u. Eisen, 15. April 1915, S. 396/8.

LI. Die Energiequellen der Zukunft

Von Professor Dr. Georg von dem Borne,
Dozent an der Kgl. Technischen Hochschule zu Breslau.[2]

Der Streik der englischen Kohlengräber zeigt in seinen Folgen, wie unentbehrlich für unser heutiges Kulturleben die Energieschätze sind, die vor ungezählten Jahrtausenden in den Lagern fossiler Brennstoffe aufgespeichert wurden. So rückt die Frage in den Vordergrund des Interesses, ob unseren Nachkommen ein ausreichender Ersatz zur Verfügung stehen wird, wenn diese Vorräte erschöpft sein werden.

Um die Ergiebigkeit der Energiequellen der Zukunft bewerten zu können, wollen wir uns zunächst darüber unterrichten, welche Energiemengen der Mensch heute aus den fossilen Brennstofflagern schöpft. Dabei wollen wir von der Bedeutung der Mineralkohlen und Erdöle als

Rohstoffe für die chemische Industrie absehen und sie nur als Energielieferanten betrachten.

Im Jahre 1909 wurden an Mineralkohlen gefördert (in Millionen Tons):

In den Vereinigten Staaten	402,0
in Großbritannien	268,0
in Deutschland	217,4
in den übrigen Ländern	209,9
zusammen	1097,3

Bei einem Brennwert von 6000 Kalorien für das Kilogramm entspricht diese Förderung einer Wärmemenge von $6{,}6 \times 10^{15}$ Kalorien.[1]

Dazu kommen die flüssigen Brennstoffe, von denen 1909 die folgenden Mengen gefördert wurden (ebenfalls in Millionen Tons):

In den Vereinigten Staaten	23,0
in Rußland	8,6
in Österreich-Ungarn	1,7
in Rumänien	1,1
in den übrigen Staaten	2,8
zusammen	37,2

Bei einem Brennwert von 10 000 Kal.-kg ergibt das $3{,}7 \times 10^{14}$ Kalorien. Wir können also die gesamte Brennstoffenergie für 1909 auf 7×10^{15} Kalorien schätzen.

Für gewisse Zwecke wird es richtiger sein, unseren Brennstoffkonsum in mechanischen, statt in thermischen Einheiten zu bewerten. Eine moderne Dampfmaschine braucht für die Pferdekraft und Stunde etwa 500 g oder im Jahre 4,3 Tons Kohle, eine mit flüssigem Brennstoff arbeitende Verbrennungskraftmaschine im günstigsten Falle etwa 200 g resp. 1,7 Tons. Die Brennstofförderung

des Jahres 1909 war also einer Jahresleistung von rund 270 Millionen PS gleichwertig.

Seitdem ist der Verbrauch an Brennstoffen nicht unerheblich gestiegen. Im Deutschen Reiche betrug z. B. die Kohlenförderung 1911 234,6 Mill. Tons gegen 217,4 Millionen im Jahre 1909.

Als Ersatz für die fossilen Brennstoffe scheinen in erster Linie die „weißen Kohlen", die Wasserkräfte, in Frage zu kommen. Ihre erfolgreiche Ausbeutung hat ja bereits in großem Umfange und mit den vollendetsten Hilfsmitteln moderner Technik begonnen.

Eine genaue Feststellung des Gesamtbetrages der ausnutzungsfähigen Wasserkräfte der Erde ist zurzeit unmöglich. Eine annähernde Schätzung ist aber durchführbar, wenigstens eine obere Grenze mit Sicherheit anzugeben.

In einer ganzen Reihe von Ländern (z. B. in der Schweiz, in Norwegen, Schweden, Frankreich, Italien, in den Vereinigten Staaten, in Kanada) hat man über den Umfang der Wasserkräfte mehr oder minder eingehende Erhebungen angestellt. Ich greife die Schweiz heraus, für die mir besonders eingehende Angaben vorliegen. Man schätzt dort die ausbauwürdigen Wasserkräfte (einschließlich der bereits ausgebauten) auf 1,25 Mill. PS. Diese Kräfte finden sich verteilt über die Schweizer Anteile der Stromgebiete von Rhein, Rhone, Tessin, Maggia und Inn,[1] die bei Mittelwasser in einer Sekunde 1475 cbm Wasser über die Schweizer Grenze führen. Dieses Wasser ist im Durchschnitt um 1130 m höher auf die Erdoberfläche gekommen, als es den Schweizer Boden verläßt. Es würde auf diesem Wege

$$\frac{1\,475\,000 \times 1130}{75}\ \text{PS} = 22\ \text{Millionen PS.}$$

leisten, falls die ganze Wasserkraft ausgenützt werden könnte. Wir nennen diese Zahl den meteorologischen Effekt der Wasserkräfte. Die oben genannte erreichbare Ausbeute von 1,25 Mill. PS stellt den „technischen Effekt" dar, der demnach in der Schweiz 5,5 Proz. des „meteorologischen Effekts" beträgt.

In anderen Ländern stellt sich dieses Verhältnis bald günstiger (z. B. auf der Skandinavischen Halbinsel), bald ungünstiger (z. B. in Kanada), als in der Schweiz. Das letztere dürfte aber die Regel sein, vor allem in den tropischen Ländern mit ausgesprochenen Regenzeiten und in der ganzen ausgedehnten Gebirgswelt der Anden.

Wir werden deshalb die Wasserkräfte der Erde sicher nicht unterschätzen, wenn wir die Schweizer Zahlen als Paradigma wählen. Man schätzt die jährlich durch die Flüsse des Erdballes ins Meer strömende Wassermenge auf etwa 31 000 cbkm, entsprechend 1 000 000 cbm in der Sekunde, und die mittlere Höhe des Festlandes auf 700 m. Das ergibt einen meteorologischen Effekt von 9×10^9 PS. Bei einer Ausnutzungsfähigkeit von 5,5 Proz. berechnet sich daraus ein technischer Effekt von rund 500 Millionen PS. Die Frage, welche Menge von Brennstoffen diese Arbeitsmenge ersetzen könne, läßt sich nicht ohne weiteres eindeutig beantworten. Die Antwort fällt verschieden aus, je nach der Form, in der die Energie benutzt werden soll.

Wir wollen zunächst annehmen, daß es sich um mechanische Energie handle. Ein Vergleich mit dem oben berechneten technischen Arbeitsäquivalent der Brennstoffproduktion (270 Millionen PS) ergibt, daß zurzeit die Wasserkräfte noch als Ersatz in diesem Sinne ausreichen würden. Sie repräsentierten im Jahre 1909 etwa

180 Proz. des technischen Arbeitswertes der gewonnenen und verbrauchten Brennstoffe. Allzu lange wird aber diese Überlegenheit nicht mehr anhalten. Denn Brennstoffkonsum und Ausnutzung der Wasserkräfte sind beide in fortdauerndem starkem Ansteigen begriffen. Bei genauerem Zusehen zeigt sich übrigens, daß auch dieser derzeitige Überschuß nur ein scheinbarer ist. Denn ein großer Teil der Brennstoffe wird nicht zur Erzeugung mechanischer Energie verbraucht, sondern soll uns Wärme liefern. Führen wir die Leistung einer Pferdekraftstunde in Wärme über, so erhalten wir 640 Kalorien, entsprechend einer Wärmemenge von etwa 5,5 Millionen Kalorien im Jahre. Die ausbaufähigen Wasserkräfte sind also etwa $2{,}8 \times 10^{15}$ Kalorien im Jahre gleichwertig, d. h. sie würden nur etwa 40 Proz. des thermischen Effekts der 1909 geförderten Brennstoffe ersetzen können.

So kommen wir zu dem Schluß, daß schon heute die Summe aller Wasserkräfte der Erde nicht ausreichen würde, um die Stelle der fossilen Brennstoffe als Energielieferanten auszufüllen. Noch viel weniger wird das natürlich in der Zukunft der Fall sein.

An dieser Folgerung würde auch eine erhebliche Verbesserung des Nutzeffekts über die hier angenommen 5,5 Proz. hinaus nichts ändern.

Bewegungskräfte anderer Art (Wind, Gezeiten) können, wie schon der erste Versuch einer rechnungsmäßigen Schätzung zeigt, als ernsthafte Helfer nur in Ausnahmefällen in Betracht kommen. Für die Gesamtbilanz der Energiewirtschaft aber werden sie eine erhebliche Rolle niemals spielen können.

Mit Ausnahme der Gezeiten stammt die bisher erwähnte Energie geradlinig von der Sonnenstrahlung ab. So

Photo by Stone & Webster Inc.

EINE QUELLE DER WEISSEN KOHLE

Photo by General Electric Company

RIESENHAFTE TURBINENELEKTRIZITÄTSERZEUGER

die durch die Wässer desselben Falls gedreht werden

erhebt sich die Frage, ob wir uns die Sonnenenergie vielleicht direkt werden dienstbar machen können. Wir wollen zunächst die Vorfrage beantworten, welche Energiemengen uns dabei zur Verfügung stehen würden. Wie heute die Industrie die Kohlenfelder aufsucht oder sich an Wasserfällen niederläßt, so würde sie in der Zukunft, die uns hier vorschwebt, die Gebiete wolkenlosen Himmels und intensivster Sonnenstrahlung, die Wüsten, besiedeln. Wir legen deshalb die meteorologischen Verhältnisse des Wüstenklimas unseren Betrachtungen zugrunde.

Unter 20° nördlicher Breite fließen einem Quadratmeter horizontaler Fläche im Jahre 1,4 Millionen Kalorien in Gestalt von solarer Strahlungsenergie zu, d. h. 4 qm erhalten das Äquivalent einer Pferdekraft. Bei 100 Proz. Nutzeffekt würde sich also von 2000 qkm das Kraftäquivalent der ausnutzbaren Wasserkräfte oder von 5000 qkm das Wärmeäquivalent der Brennstoffproduktion des Jahres 1909 gewinnen lassen. Die Sahara allein bedeckt etwa 9 Millionen qkm. Die meteorologischen Bedingungen für einen Energiefang allergrößten Stils sind also gegeben. Versuche, ihn durchzuführen, liegen bisher nur in einer ziemlich unzweckmäßigen Form vor: Man benutzte die Strahlung zur Heizung eines Dampfkessels und setzte sie so in Arbeit um. Der hier beschrittene Weg von der Strahlung über Wärme zu mechanischer Energie kann ohne große Verluste nicht zum Ziele führen, hohe Nutzeffekte können dabei nicht erzielt werden. Außerdem ist die etwa erforderliche Stapelung der Energie rationell nur auf dem neuen Umwege über die Elektrizität durchzuführen, der natürlich neue Unkosten und Verluste bedingt.

Aussichtsreicher erscheint die Sammlung der Energie

durch den Aufbau energiereicher chemischer Verbindungen unter dem Einfluß der Strahlung und deren Rückführung in eine energiearme Form unter Wärme- oder Elektrizitätslieferung.

Ansätze zur Verwirklichung dieses Gedankens in Gestalt von Laboratoriumsexperimenten sind vorhanden.

In großartigstem Maßstabe besorgt diese Bindung von Strahlungsenergie alltäglich vor unseren Augen die Vegetation, und es dürfte deshalb von Interesse sein, uns an der Hand eines Beispieles ein Bild über den Nutzeffekt dieses Vorganges zu machen.

Ein Hektar trägt in einem günstigen Sommer und auf gutem Boden eine Ernte von etwa 40 Tons Zuckerrüben mit etwa 6 Tons Zucker. Auf einem Quadratmeter werden also 600 g Zucker erzeugt, deren Verbrennungswert etwa 2000 Kalorien beträgt. Während der Vegetationszeit (1. Mai bis 15. September) der Rübe strömen einem Quadratmeter Bodenfläche unter 50° Breite 300–400 000 Kalorien zu; wir hätten also bei der Zuckerproduktion einen Nutzeffekt von 0,5–0,7 Proz. zu verzeichnen. Ganz ähnliche Verhältnisse ergeben sich bei der Brennholzproduktion im Walde.

Um das Wärmeäquivalent der im Jahre 1909 verbrannten fossilen Brennstoffe (7×10^{15} Kal.) zu binden, wäre also eine landwirtschaftlich ausgenutzte Fläche von 3 500 000 qkm nötig, d. h. etwa 2/3 des europäischen Rußlands.

Unter günstigen klimatischen Bedingungen und bei sorgfältiger Kultur steigert sich die Energiebindung durch die Vegetation auf ein Mehrfaches der hier gegebenen Zahlen. Gleichwohl wird der Strahlungsingenieur der Zukunft weit rationeller arbeiten müssen als sein erfolg-

reichster landwirtschaftlicher Vorläufer von heute, wenn er den Energiehunger seiner Mitmenschen stillen will, ohne der Landwirtschaft die für die Produktion von Nahrungsmitteln günstigsten Flächen zu entziehen.

Wird ihm das gelingen? Und wird sich eine solche Energieernte so billig gestalten lassen, daß sie unseren Enkeln einen wirklichen Ersatz unserer Kohlen liefert?

Das sind Fragen, auf die heute eine Antwort mit ja oder nein sich noch nicht geben läßt, von denen aber schließlich das Schicksal unserer Kultur abhängen wird — wenn nicht inzwischen andere Energiequellen erschlossen werden, die wir heute nur ahnen können. Wie zum Beispiel die ungeheuerlichen Energiemengen, die in den Atomen schlummernd die Phänomene der Radioaktivität bedingen.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 9 vom 1. Mai 1912, Seite 168.

LII. Neues aus dem Gebiete der Kraftmaschinen

Von Geheimem Bergrat R. Vater, ordentl. Prof. a. d. Kgl.[1] Bergakademie Berlin

Auf dem Gebiete der Maschinentechnik haben immer eine hervorragende Rolle gespielt und werden immer eine hervorragende Rolle spielen die Kraftmaschinen, das sind Maschinen, mittels deren der Mensch seit den ältesten Zeiten bestrebt war, sich die Naturkräfte dienstbar zu machen. Die erste Kraftmaschine war freilich der Mensch selber. Bald aber verstand er es, das bewegte Wasser, die bewegte Luft zur Arbeitsleistung heranzu-

ziehen, und erst der neueren und neuesten Zeit war es vorbehalten, die Wärme unmittelbar zur Krafterzeugung, richtiger gesagt zur Arbeitserzeugung in ausgedehntestem Maße, zu verwenden. Die Wärme unmittelbar! Denn bei genauerem Zusehen sind ja schließlich auch unsere Windmühlen und Wasserräder nichts anderes als Wärmekraftmaschinen, Maschinen nämlich, welche die Kraft der Sonnenwärme gewissermaßen auf einem Umwege ausnutzen. Seit mehreren Jahren ist es sogar eine beliebte Aufgabe für Erfinder, geradezu die Sonnenwärme unmittelbar zur Krafterzeugung zu verwenden. Der Gedanke liegt ja nahe genug in Ländern, in denen Wochen und Monate lang die Sonne Tag für Tag in fast unbarmherziger Weise ihre sengenden Strahlen herniedersendet. Auf dem Papier ist der Gedanke auch schon mehr wie einmal „gelöst" worden, und namentlich aus Amerika, dem Lande der unbegrenzten Möglichkeiten, kam von Zeit zu Zeit die Kunde, daß die unmittelbare Ausnutzung der Sonnenwärme nunmehr gelungen sei. Die zweite Hälfte des verflossenen Jahres brachte nun aber in der Tat die feierliche Einweihung eines Sonnenkraftwerkes, welches (nach einem Berichte in der Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen), von Frank Shuman aus Philadelphia erbaut, bei Meadi [1] in der Nähe von Kairo (Ägypten) im Juli 1913 in Betrieb gesetzt wurde. Das Kraftwerk besteht aus fünf großen Reflektoren, welche parabolisch aus einzelnen Glasspiegeln zusammengesetzt sind und durch eine besondere Maschine nach der Sonne gedreht werden. Die gesamte bestrahlte Oberfläche der Reflektoren beträgt nicht weniger als etwa 1260 qm. Die abgelenkten Strahlen treffen Dampfkessel aus 4,5 mm starken Blechen und erzeugen durch ihre Wärme in diesen

Kesseln niedrig gespannten Wasserdampf. Unter Zuhilfenahme eines Kondensators wird auf diese Weise eine 100-pferdige Dampfmaschine betrieben, die ihrerseits eine zu Bewässerungszwecken dienende Kreiselpumpenanlage betreibt. Schon 20 Minuten nach Inbetriebsetzung konnten auf diese Weise minutlich 27 m^3 Wasser [1] auf eine Höhe von 9 m gehoben werden. Die Möglichkeit der technischen Ausführung dürfte dadurch erwiesen sein, war übrigens auch wohl kaum zweifelhaft. Ob die wirtschaftlichen Erfolge ebenso günstig sein werden, muß freilich erst die Zukunft lehren. Leicht möglich, daß die „nichts kostende Betriebskraft" infolge der hohen Anlagekosten, der dauernden Unterhaltungskosten und schließlich doch auch infolge der Unsicherheit des „Betriebsmittels" sich mit der Zeit als sehr kostspielig herausstellt.

Auch das Wasser fällt für jedermann kostenlos vom Himmel, und so hat schon zu den ältesten Zeiten die Ausnutzung der Wasserkräfte eine große Rolle gespielt. In unserer Zeit, wo der Wettbewerb auf allen Gebieten immer mehr an Schärfe zunimmt, wo jeder Fabrikant bestrebt sein muß, durch Erniedrigung der Betriebskosten wettbewerbsfähig zu bleiben, wird auch auf die Ausnutzung vorhandener Wasserkräfte ein immer größerer Wert gelegt, wobei freilich von der Kostenlosigkeit dieser Wasserkräfte heute nicht mehr die Rede sein kann. Hunderttausende werden an Gemeinden, an Staaten bezahlt lediglich für die Erlaubnis, eine vorhandene Wasserkraft ausnutzen zu dürfen. Hunderttausende, ja Millionen sind nötig, um diese Wasserkräfte in Wasserkraftanlagen auszubauen und sie dauernd in leistungsfähigem Zustande zu erhalten. Nach einem bekannten Grundsatze

der Wirtschaftslehre sinken die verhältnismäßigen Kosten mit der Größe der Anlage, und so sehen wir gerade in der allerjüngsten Zeit, wie auf dem Gebiete der Wasserkraftausnutzung immer gewaltigere Anlagen geschaffen werden, die stellenweise schon in die Hunderttausende von Pferdestärken gehen. Eine dieser Riesen- oder, um einen amerikanischen Ausdruck zu gebrauchen, Mammuth-Anlagen, vielleicht die größte, die es gegenwärtig gibt, ist die der Mississippi Power Cie. in Keokuk im Staate Iowa, etwas nördlich von St. Louis, wo die gewaltigen Wassermassen des Mississippi durch einen großen Staudamm zur Abgabe einer Gesamtleistung von rund 300 000 Pferdestärken gezwungen werden sollen, bei einem etwa zwischen 6 und 12 m schwankenden Gefälle. Vorläufig ist allerdings erst die Hälfte dieser Anlage in Bau und wird in Kürze dem Betrieb übergeben werden. In Europa ist man meist mit etwas bescheideneren Zahlen zufrieden. Jedoch wird in nicht allzulanger Zeit auch hier eine Wasserkraftanlage entstehen, welche jener amerikanischen an Größe nicht nachsteht. Nach einem Berichte in der „Schweizerischen Wasserwirtschaft" ist vor kurzem in Petersburg [1] eine Gesellschaft mit 130 Millionen Frcs. Kapital gegründet worden, welche den Wuoksenfluß in Finnland [2] zu einer Leistung von 3 bis 400 000 PS ausnutzen will. Dieser Wuoksen stellt den Abfluß des riesigen Saima-Sees, im Innern von Finnland, nach dem finnischen Meerbusen dar, und bildet auf einer verhältnismäßig kurzen Strecke eine Reihe gewaltiger Stromschnellen, die heute noch fast gänzlich unausgenutzt sind. Leider befinden sich darunter auch Naturschönheiten allerersten Ranges, wie zum Beispiel der berühmte Imatra-Fall, die Wallinkoski-Stromschnellen u.s.w., die

durch jenen Plan wahrscheinlich der Vernichtung anheimfallen werden.

Außer dieser erst geplanten Anlage finden sich heute schon, vor allen Dingen in Norwegen, Wasserkraftanlagen, welche sich neben jener obenerwähnten amerikanischen Riesenanlage recht gut sehen lassen können.

Die Maschinenfabrik I. M. Voith in Heidenheim a. d. Brenz[1] (Württemberg) hat kürzlich einen Auftrag zur Lieferung gewaltiger Turbinenanlagen bekommen, mit denen die Wasserkräfte an den Rjukanfällen in Norwegen noch weiter ausgenutzt werden sollen, nebenbei bemerkt zur Herstellung von Luftstickstoff. Außer den fünf schon im Betrieb befindlichen Freistrahlturbinen von je 14 500 PS bei 276 m Gefälle werden jetzt noch sechs größere Freistrahlturbinen von je 16 400 PS bei 250 m Gefälle nebst zwei kleineren derartigen Turbinen aufgestellt, zusammen also eine Leistung von rd. 200 000 PS.

Waren alle diese Anlagen hauptsächlich bemerkenswert durch die gewaltigen zur Ausnutzung gelangenden Wassermengen, so geht augenblicklich in der Schweiz eine in anderer Beziehung sehr beachtenswert Wasserkraftanlage ihrer Vollendung entgegen: es ist die Nutzbarmachung des Lac de Fully[2] in der Nähe von Martigny im Kanton Wallis. Die Anlage steht dadurch einzig in ihrer Art da, daß hier zum ersten Male ein Riesengefälle von 1650 m Höhe in einer einzigen Stufe ausgenutzt wird. Da bekanntlich 10 m Wassersäule dem Drucke von 1 at (1 kg. f. d. cm^2) entsprechen,[3] so müssen die untersten Rohre der Wasserzuleitung imstande sein, den gewaltigen Druck von über 150 at auszuhalten, was natürlich eine besonders sorgfältige Herstellung der Rohre erfordert. Auch hier ist es erfreulicherweise eine deutsche Firma, Thyszen &

Cie. in Mülheim-Ruhr,[1] die mit der Lieferung dieser schwer herzustellenden Rohre beauftragt wurde.

Auch kleine und sehr kleine Gefälle werden in neuester Zeit mit wirtschaftlichem Nutzen zur Arbeitsleistung herangezogen, und zwar unter Verwendung einer höchst eigenartigen Maschine, die, auf dem Grundgedanken des alten hydraulischen Widders beruhend, erst vor wenigen Jahren ausgebildet wurde. Es ist der sogen. Hydropulsor (gebaut von dem Ottenser Eisenwerk in Altona-Ottensen)[2] (vgl. D. p. J.[3] 1912, S. 737 und 759). Gegenwärtig ist z. B. eine größere derartige Anlage an der Lausitzer Neiße[4] in Betrieb gekommen, wo, unter Verwendung eines Gefälles von nur 1 m Höhe, Wasser zur Berieselung von 100 ha Wiesenfläche auf eine Höhe von 2,4 m über den Oberwasserspiegel gehoben wird. Der Wirkungsgrad der gesamten Anlage ist zu 56,7 v. H. gewährleistet.

Norwegen, die Schweiz, Österreich und Norditalien galten früher als diejenigen Länder, die für Ausnutzung nennenswerter Wasserkräfte in Europa fast allein in Betracht kommen. Dies hat sich aber geändert, seit der geniale, leider zu früh verstorbene Intze in Aachen[5] vor etwa zwei Jahrzehnten lehrte, durch Anlegung gewaltiger Stauwerke, sogen. Talsperren, Gefälle und damit Wasserkräfte auch dort künstlich zu schaffen, wo sie von Natur eigentlich gar nicht vorhanden sind. Die Kunst dieses Talsperrenbaues ist seitdem zu großer Blüte gelangt und gerade gegenwärtig ist nach einer Mitteilung in der Zeitschr. für das ges. Turbinenwesen[6] in der süditalienischen Provinz Kalabrien[7] die Anlage eines solchen Stausees in Vorbereitung, welcher die größten europäischen Talsperren an Fassungsvermögen

übertreffen wird und unter anderem zur Lieferung einer Leistung von 150 000 PS dienen soll.

Die Ausführung der Wasserturbinen steht heute auf einer so hohen Stufe der Vollkommenheit, daß hinsichtlich des Wirkungsgrades, d. h. hinsichtlich des Verhältnisses: „wirklich nutzbar gemachte Energie zu vorhandener Energie" wesentliche Verbesserungen nicht mehr zu erwarten sein dürften. Bei den Zwillings-Francis-Turbinen der Great-Falls[1]-Power Cie. mit einer Leistung von 6000 PS ergab sich ein Wirkungsgrad von 88 v.H., ja die von der J.P. Morris Cie. gebaute senkrechte Francis-Turbine des Kraftwerkes der Appalachian Cie. — Leistung 4000 KVA bei 16,5 m Gefälle und 116 Min./Umdr. — soll bei den Abnahmeversuchen sogar einen Wirkungsgrad von 93,2 v. H. ergeben haben (*Zeitschrift d. Oest. Ing. und Arch.-Vereins*, 1914, Nr. 17).[2]

Vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus ist die immer mehr zunehmende Ausnutzung der Wasserkräfte als erfreulich zu begrüßen, sind es doch Anlagen, deren Betriebsmittel nach menschlichem Ermessen als unerschöpflich betrachtet werden können, im Gegensatz zur Kohle, von der zwar immer noch gewaltige Mengen vorhanden sind, die aber doch schließlich einmal, da sie sich nicht wieder ergänzen, zu Ende gehen müssen. Trotzdem darf die Bedeutung der Wasserkräfte, vorläufig wenigstens, nicht überschätzt werden. Zwar macht die Kraftübertragung auf weite Entfernungen mittels Elektrizität von Jahr zu Jahr immer größere Fortschritte, aber mit zunehmender Entfernung steigen natürlich auch die Preise für die Energieeinheit. Wo also keine Wasserkräfte in der Nähe sind, erhält man keine billige Kraft, die Menge der zur Verfügung stehenden Energie hängt naturgemäß

von der Größe der zur Verfügung stehenden Wasserkräfte ab. Alle diese Bedenken fallen fort bei den Wärmekraftmaschinen, die an jedem beliebigen Orte in jeder beliebigen Größe aufgestellt und betrieben werden können, und da in dem scharfen Wettbewerb zwischen den einzelnen Arten von Wärmekraftmaschinen von allen Seiten die größten Anstrengungen gemacht werden, um den Wärmeverbrauch für die Leistungseinheit immer kleiner, die Maschinen immer einfacher, immer vielseitiger, dabei aber doch immer betriebssicherer zu machen, da endlich auch die Zahl der technisch verwertbaren Brennstoffe immer noch zunimmt, so dürfte es verständlich sein, daß an eine nennenswerte Verdrängung der Wärmekraftmaschinen durch Wasserkraftmaschinen gerade im gegenwärtigen Zeitpunkt gar nicht zu denken ist.

Wichtige grundlegende Erfindungen auf dem Gebiete des Baues von Wärmekraftmaschinen sind im letzten Jahre nicht zu verzeichnen, sind wohl auch in der Folgezeit kaum mehr zu erwarten. Der Wettbewerb zwischen den einzelnen Arten von Wärmekraftmaschinen erstreckt sich vielmehr in jüngster Zeit auf zwei Punkte: Zunächst einmal liegt, wie schon angedeutet, das allgemeine Bestreben vor, den Wärmeverbrauch für die Leistungseinheit immer noch weiter herabzumindern, dann aber ist gerade die jüngstverflossene Zeit gekennzeichnet durch das Bestreben der einzelnen Erbauer von Wärmekraftmaschinen, das Anwendungsgebiet ihrer Maschinen nach Möglichkeit zu erweitern. Dieses Bestreben läuft im wesentlichen hinaus auf ein immer weiteres Zurückdrängen der alten Kolbendampfmaschine, deren hervorragendste Eigenschaft bis zum heutigen Tage immer noch die ist, daß ihrer Verwendbarkeit fast keine Grenzen gesetzt sind.

Was den ersten Punkt anbelangt, die Herabminderung des Wärmeverbrauches für die Leistungseinheit, so liegen die Verhältnisse bei fast allen Wärmekraftmaschinen heute so, daß an eine wesentliche Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades der einzelnen Maschinengattungen — Verbrennungsmaschinen, Dampfmaschinen — kaum noch gedacht werden kann, wenn auch z. B. für die Dampfturbine in jüngster Zeit Dampfverbrauchsziffern erreicht wurden, an die man noch vor wenigen Jahren nicht gedacht hatte, nämlich 5,5 kg für die KW-Std. Im allgemeinen ist ja der Wärmeverbrauch für die Leistungseinheit (z. B. für die KW-Std.) um so geringer, je größer die Maschineneinheiten sind. Daher sehen wir denn auch heute die Größe der Maschineneinheiten, namentlich im Dampfturbinenbau, noch immer mehr zunehmen. Gerade in den letzten Wochen z. B. ist auf dem Versuchsstande der Brown, Boveri & Cie. A.-G. in Mannheim[1] eine für das Elektrizitätswerk „Mark" in Hagen i. W.[2] bestimmte Dampfturbine in Gang gekommen, welche wahrscheinlich die größte Dampfturbine ist, die bisher gebaut wurde. Sie hat eine Leistung von rd. 40 000 PS und ist bestimmt zur Erzeugung von Drehstrom von 10 bis 11 000 Volt Spannung.

Selbstverständlich ist eine Herabminderung des Wärmeverbrauches durch eine derartige Vergrößerung der Leistungseinheiten nur selten möglich. Soll also einer nutzlosen Vergeudung von Wärme vorgebeugt werden, so kann es meist nur in der Richtung geschehen, daß die nach Lage der Dinge in den Maschinen selber nicht mehr ausnutzbare Wärmemenge andere nutzbringende Verwendung findet. Mit einem Worte, die Abwärmeverwertung ist es, die auf dem Gebiete der Wärmekraft-

maschinen der letzten Zeit in der Hauptsache ihren Stempel aufgedrückt hat. Verhältnismäßig einfach liegen die Verhältnisse, wenn neben dem Bedarfe an Kraft ein größeres Bedürfnis an Wärme zu Heiz-, Trocken- oder Kochzwecken vorliegt. Hier waren es die Dampfturbinenerbauer, die zuerst in ihren Anzapf- und Gegendruckturbinen Kraftmaschinenanlagen mit weitgehender Wärmeausnutzung schufen. Der immer drückender werdende Wettbewerb veranlaßte dann auch die Erbauer von Kolbendampfmaschinen, ähnliche Anzapf- und Gegendruck-Kolbendampfmaschinen mit ungefähr gleich gutem Erfolge zu bauen. Die Reguliervorrichtungen für alle diese Maschinengattungen sind heute zu hoher Vollendung gebracht worden. Aber auch die Erbauer von Verbrennungsmaschinen blieben nicht untätig, und so wird schon heute das zum Kühlen der Zylindermäntel gebrauchte und stark vorgewärmte Wasser, ebenso wie die heißen Auspuffgase zu ähnlichen Zwecken wie oben verwendet.

Anders wird es jedoch, wenn ein größerer Wärmebedarf zu den oben angegebenen Zwecken nicht vorliegt. Bei der Dampfmaschine und Dampfturbine läßt sich die aus der Maschine kommende, im Abdampf steckende Wärme ebenso wie ein Teil der nicht in den Dampfkesseln ausgenutzten Feuergase zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers nutzbringend verwerten. Bei der Gasmaschine geht das natürlich nicht, und so bleibt nichts übrig, als die beim Gasmaschinenbetrieb überschüssige Wärmemenge in besonderen Anlagen zur Wassererwärmung und Verdampfung zu verwenden und diesen Dampf dann wiederum anderweitig, z. B. in eigens für diese Zwecke angeordneten Dampfturbinen zur Krafterzeugung aus-

zunutzen. Abwärme steht bei Gasmaschinenanlagen an drei verschiedenen Stellen zur Verfügung: Zunächst im Kühlwasser der Zylindermäntel. Eine zweite Abwärmequelle sind die Auspuffgase, deren Temperatur zwischen 300° und 400° beträgt und in einem Falle sogar durch gute Umhüllung der Auspuffleitungen auf 450° gebracht werden könnte. Gerade diese Auspuffgase mit ihren sehr hohen Temperaturen werden heute schon mehrfach dazu benutzt, um in besonderen sogen. Auspuffkesseln Dampf von hoher Spannung, z. B. zum Betriebe von Dampfturbinen, zu erzeugen. In einer solchen Anlage wurden z. B. von den Abgasen jeder Std.-PS 0,875 kg Dampf von 8 at Überdruck erzeugt (Stahl und Eisen 1913, S. 1487). Da die zugehörige Dampfturbine von diesem Dampf 6,5 kg für 1 Std.-PS erfordert, so erzielt man durch die Verwertung dieser Auspuffgase einen Gewinn von 0,875: 6,5 = 0,135 oder 13½ v. H. Eine eigenartige, von Ehrhardt & Sehmer in Saarbrücken[1] gebaute Anlage ist soeben auf der staatlichen Kraftzentrale „Grube Heinitz" bei Saarbrücken in Betrieb genommen: Die Abgase der mit Koksofengasen betriebenen Gasmaschinen werden in drei Dampfkesseln von je 300 m² Heizfläche (einschl. Vorwärmer) geleitet und erzeugen hier Dampf von 8 at. Dieser Dampf wird dazu verwendet, um in Drehrostgaserzeugern aus minderwertigen Steinkohlen Kraftgas herzustellen, wobei, ähnlich wie bei dem Mondschen[2] Verfahren, Ammoniumsulfat als Nebenerzeugnis gewonnen wird. Das Kraftgas wird dann wiederum in den Gasmaschinen der Zentrale zur Elektrizitätserzeugung verwendet.

Eine dritte Stelle endlich, wo bei Gasmaschinenanlagen Wärmeverluste auftreten, sind die Gaserzeuger für

Kraftgas. Trotzdem ihr Wirkungsgrad heute schon ein außerordentlich hoher genannt werden muß — er beträgt stellenweise über 80 v. H. —, ist namentlich die Eigenwärme des aus dem Gaserzeuger abziehenden Gases immer noch so groß, daß ihre Nutzbarmachung in letzter Zeit zu vielversprechenden Erfolgen geführt hat. Eine solche Ausnutzung ist z. B. in jüngster Zeit im städtischen Gaswerk Wien[1] eingerichtet worden (s. Stahl und Eisen 1913, S. 2013). Hier wird das zur Heizung der Öfen notwendige Heizgas in Drehrostgaserzeugern Bauart Kerpely[2] erzeugt, deren Kühlmäntel durch Dampfkessel ersetzt werden. Durch genaue Messungen ergab sich, daß von dem Heizwert des verwendeten Brennstoffes 79,48 v. H. in Form von Heizgas und 15,51 v. H. in Form von Wasserdampf gewonnen wurde, was also zusammen einen Wirkungsgrad des Gaserzeugers von 95 v. H. ergeben würde. Von einer ganz eigenartigen Anlage in dieser Beziehung wird neuerdings aus Amerika berichtet (The Iron Age, 5. Februar 1914). Hier werden bei der Ford Motor Cie. in Detroit vier Maschinengruppen von je 6000 PS zur Erzeugung elektrischer Energie aufgestellt. Die Maschinengruppen haben je vier Zylinder in Zwillingstandem-Anordnung, und zwar besteht das Eigenartige dieser Anordnung darin, daß die jeweiligen vorderen Zylinder Sauggasmaschinen darstellen, während die hinteren Zylinder zusammen je eine Verbundmaschine bilden. Das aus den Zylindermänteln der Gasmaschinen heiß ablaufende Kühlwasser wird durch die heißen Auspuffgase sowie durch die obenerwähnte Abwärme der Gaserzeuger weiter erhitzt, in Kesseln verdampft und so zum Betrieb jener Verbundmaschinen verwendet.

In das Kapitel der gesteigerten Wärmeausnutzung gehört

auch die Dampferzeugung in den neuen eigenartigen Dampfkesseln Bauart Schnabel-Bone,[1] worüber hier mehrfach berichtet wurde. Es wäre zu erwähnen, daß sich die Hoffnungen, die auf die ersten Versuchsausführungen gesetzt wurden, nicht ganz zu erfüllen scheinen. Erwägt man zunächst, daß zum Betrieb dieses Kessels nur Gas, und zwar recht gut gereinigtes Gas verwendet werden kann, so wird man von dem ungewöhnlich hohen Wirkungsgrade des Kessels den Wirkungsgrad des Vergasers abzuziehen, dann aber auch die Kosten für die Vergasung, für die Reinigung des Gases, sowie das zum Betrieb des Kessels unbedingt nötige Gebläse mit in Anrechnung zu bringen haben, so daß sich dadurch der wirtschaftliche Wirkungsgrad wesentlich erniedrigen dürfte. Andererseits wäre zu beachten, daß gerade bei Kesseln mit Gasfeuerung Wirkungsgrade über 80 v. H. schon oft nachgewiesen wurden, in neuester Zeit sogar bei Anerbietungen Wirkungsgrade bis zu 89 v. H. gewährleistet werden (Stahl und Eisen 1913, S. 1901). Außerdem aber haben umfangreiche Dauerversuche gezeigt, daß der Schnabel-Bone-Kessel in der zunächst noch vorliegenden Form zwar betriebsfähig, aber noch nicht betriebsbrauchbar ist, man wird also abwarten müssen, ob und in wieweit sich die auf den Kessel gesetzten, fast überschwenglichen Erwartungen erfüllen werden.

Jedem Ingenieur, der ein Hochofenwerk besichtigt, wird sich wohl schon die Frage aufgedrängt haben, ob es denn nicht möglich sein sollte, die in der abfließenden Hochofenschlacke steckenden Wärmemengen nutzbringend zu verwerten. Neuerdings kommt aus England die Nachricht, daß eine solche Ausnutzung der Schlackenwärme tatsächlich gelungen ist (*Stahl und Eisen* 1914, S. 153),

und zwar bei einer Hochofenanlage in Middlesborough.[1] Die Schlacke wird hier in das Innere von eigenartig gestalteten Dampfkesseln geleitet und dann, nachdem sie ihre Wärme an das Wasser abgegeben hat, durch eine Art Bagger in ununterbrochenem Strome wieder herausgefördert. Bei einer Hochofentagesleistung von 1800 t Roheisen liefert der auf diese Weise erzeugte Dampf dort eine nutzbare Leistung von 500 KW-Std., wovon eine Dauerleistung von 6 PS für den Betrieb der Anlage abzuziehen sind.

Das zweite Bemerkenswerte der letzten Zeit auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen ist das Bestreben der Erbauer von Dampfturbinen und Verbrennungsmaschinen, den Anwendungsbereich ihrer Maschinen nach Möglichkeit zu erweitern, oder — anders ausgedrückt — mit der alten Kolbendampfmaschine auf immer mehr Gebieten in Wettbewerb zu treten. Dieses Bestreben hat mehrfach zu ganz eigenartigen Anwendungen der einzelnen Maschinengattungen geführt, Anwendungen, die man noch vor wenigen Jahren wohl kaum für möglich gehalten hätte. Hierher gehört z. B. das Auftreten der Dampfturbine als Walzenzugsmaschine, ermöglicht durch Anwendung des zuerst zum Schiffsantrieb verwendeten sogen. Foettinger[2]-Transformators. Die Versuche sollen nach einem Bericht in *Stahl und Eisen* zufriedenstellend ausgefallen sein. Bei dieser Gelegenheit sei übrigens erwähnt, daß Versuche im Gange sein sollen, Dampfturbinen auch zum Betrieb von Unterseebooten zu verwenden. Einzelheiten darüber lassen sich allerdings noch nicht angeben. Auch auf dem Gebiete der Gasmaschinen finden sich eigenartige Verwendungen. Hierher gehört z. B. die im verflossenen Jahre gebaute

erste Diesel[1]-Lokomotive, welche gegenwärtig noch auf der preußischen Staatsbahn in regelmäßigem Betrieb ausprobiert wird. Ferner wäre hier vielleicht zu erwähnen der von der Stock-Motorpflug[2] G. m. b. H., Berlin, allerdings schon früher hergestellte Motorpflug, der aber gerade in jüngster Zeit wieder viel Anwendung gefunden hat. Der Pflug arbeitet nicht, wie die früheren üblichen Dampfpflüge, mit einer Seiltrommel, sondern er wird unmittelbar durch eine Benzolmaschine in Bewegung gesetzt und läßt sich ähnlich steuern wie ein Kraftwagen.

Der größte Feind der alten Kolbendampfmaschine ist der Elektromotor. Hier möge nur hervorgehoben werden, daß, trotz aller Fortschritte auf dem Gebiete des elektrischen Antriebes, der Wettbewerb auf manchen Gebieten für die Dampfmaschine aus dem Grunde nicht aussichtslos erscheint, weil sie an Wirtschaftlichkeit dem Elektromotor nicht selten stark überlegen ist. Das ist z. B. der Fall auf dem Gebiete der großen Umkehrwalzenzugsmaschinen. Gerade in den letzten Wochen erst ist auf den Rombacher Hüttenwerken in Lothringen[3] eine große, von Ehrhardt & Sehmer in Saarbrücken gebaute Drillings-Tandem-Umkehr-Walzenzugsmaschine in Gang gekommen, welche im Höchstfalle nicht weniger als etwa 30 000 PS leistet, höchstwahrscheinlich ist es die größte Walzenzugsmaschine, die es zurzeit überhaupt gibt.

Dingl. Pol. Journal, 26. Sep. 1914, S. 571/574.

LIII. Über Ingenieurausbildung in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika

Von Dr. Ing. Gewecke

Man machte häufig die Beobachtung, daß junge, gut beanlagte Ingenieure, die nach vier- bis fünfjährigem fleißigem Studium mit vielen Kenntnissen ausgerüstet die Hochschule [1] verlassen, beim Eintritt in die Praxis vollständig versagen und auch vielfach nicht imstande sind, sich in die für eine erfolgreiche Tätigkeit im praktischen Erwerbsleben notwendige Denk- und Arbeitsweise einzuleben. Diese Erscheinung legt die Frage nahe, ob wohl die Ausbildung unserer Hochschulingenieure die für die Erfordernisse der Praxis — auf die kommt es vor allem an — zweckmäßigste ist, eine Frage, die um so aktueller wird, als sich schon jetzt ein recht empfindlicher Mangel an tüchtigen jungen Ingenieuren bemerkbar macht (ich denke da besonders an die Elektrotechnik), der bei dem zu erwartenden stark anwachsenden Bedarf leicht zu einer wahren Ingenieurnot auf diesem Gebiete sich vertiefen kann.

In England sind im vergangenen Jahre von der „Civil Institution" über die gleiche Frage eingehende Beratungen gepflogen und manche bemerkenswerten Ansichten geäußert worden. Für unsere deutschen Verhältnisse Verbesserungsvorschläge zu machen, muß ich berufeneren Federn überlassen. Es dürfte aber zur Beurteilung der Frage nicht ohne Interesse sein, über die amerikanische Ingenieurerziehung einiges zu hören, die kennen zu lernen ich auf einer Studienreise im letzten Sommer Gelegenheit hatte.

Die Ingenieurwissenschaften werden in den Vereinigten Staaten, neben den anderen Disziplinen, an den Universitäten gelehrt. Außerdem gibt es noch einzelne, nahezu auf der Stufe der Universitäten stehende technische Schulen, wie das Stevens Institut in Hoboken, das Massachusetts Institute in Cambridge und die Carnegie Institute in Pittsburgh.

Das Studium weist manche von unseren deutschen Verhältnissen abweichenden Eigentümlichkeiten auf. Als niedrigst zulässiges Eintrittsalter ist das 16. resp. 17. Lebensjahr festgesetzt, praktisch jedoch fällt der Beginn des Studiums, ähnlich wie bei uns, etwa in das 19. Jahr.

Zur Aufnahme ist fast stets das Bestehen eines, allerdings ziemlich schematisch gehandhabten Examens erforderlich, das sich außer auf die, die Grundlage zum technischen Studium bildenden Fächer wie Physik, Chemie, Mathematik, auch auf Sprachen, Geschichte und Literatur erstreckt. Nur in vereinzelten Fällen genügen zur Aufnahme — auch in die höheren Klassen — Zeugnisse anderer Schulen, wodurch ein Wechseln der Hochschule sehr erschwert wird und praktisch wenig stattfindet.

Die Dauer des Studiums beträgt vier Jahre. An den größeren Universitäten bestehen außerdem noch Kurse von fünf und sechs Jahren, die mit einer Allgemeinbildung in den grundlegenden Fächern beginnen. Die Universitäten sowie auch einzelne technische Schulen können am Ende des Studiums bei befriedigendem Ausfall der Schlußprüfung den Titel eines Mechanical Engineer (M.E.) resp. Electrical, Chemical oder Civil Engineer verleihen.

Befähigte Studenten können dann ihr Studium fortsetzen

und selbständige Arbeiten ausführen und dadurch den Titel eines Master of Mechanical Engineering (M.M.E.) oder Doctor of Philosophy (Ph.D.) erlangen.

Der ganze Unterrichtsbetrieb ist ein von dem deutschen Hochschulunterricht grundverschiedener. Die einzelnen Fächer sind genau vorgeschrieben, und der Besuch des Unterrichts wird kontrolliert. Ein Schwänzen, wie bei uns vielfach üblich, ist dort unmöglich.[1] Bei wiederholten Versäumnissen kann Verwarnung und schließlich der Ausschluß eintreten. Das Hören von anderen, den Studenten interessierenden Vorlesungen ist nur, wenn sie mit den vorgeschriebenen nicht zusammenfallen, und mit ausdrücklicher Genehmigung des Abteilungsvorstandes zulässig. Durch eingehende Zwischenexamina,[2] die alle Semester, oft auch alle Monate, stattfinden, überzeugt sich der Professor von den Fortschritten seiner Schüler. Man kann das ganze Unterrichtsverfahren am ehesten mit dem an unseren stattlichen Maschinenbauschulen gebräuchlichen vergleichen.

Auffallend ist das oft jugendliche Alter vieler Professoren, sogar von solchen in wichtiger Stellung. Man steht auf dem Standpunkt, daß der Professor in erster Linie für die Studenten da ist. In jüngerem Alter hat aber der Professor noch mehr Sinn für die Schwierigkeiten, die der Student beim Studium findet, auch läßt sich viel leichter ein persönlicher Kontakt zwischen Schüler und Lehrer herstellen. Er ist mehr älterer Kollege und Freund, ist stets für die Studenten, auch in nicht gerade fachlichen Angelegenheiten zu sprechen, besucht ihre Zusammenkünfte u.s.w. Das Verfahren hat den unbestreitbaren Vorzug für sich, daß die Studenten mehr von ihren Lehrern haben; allerdings können diese selbst

wissenschaftlich nicht in dem Maße tätig sein wie unsere deutschen Professoren, weil ihre Zeit durch den Lehrberuf weit mehr absorbiert wird.

Der Unterrichtsplan enthält zunächst die Fachvorlesungen, dann praktische Übungen, die nicht nur in zeichnerischen und Laboratoriumsarbeiten, sondern auch in Werkstattstätigkeit bestehen, und schließlich allgemeine Fächer. Unter diesen sind besonders zu nennen Sprachen, Handelsrecht, Patentrecht, Vertragswesen, Bank- und Börsenwesen, Hygiene. Der amerikanische Ingenieur soll eben nicht nur ein guter Techniker, sondern auch ein guter Geschäftsmann sein.

Eine praktische Ausbildung findet statt in der Schmiede, Gießerei, Schlosserei, Dreherei, Modellschreinerei, Montage von Leitungen u. a. m. Die Werkstätten sind mit den modernsten Arbeitsmaschinen ausgerüstet; unter Anleitung eines Instruktors lernt der Student die verschiedenen Arbeitsverfahren kennen. Erläuternde Vorlesungen begleiten diese Kurse, die in der Regel während der ersten vier Semester bis zu sechs Stunden wöchentlich in Anspruch nehmen. Als Ergänzung dieser Ausbildung wird eine praktische Tätigkeit in den Sommerferien sehr empfohlen und auch meist ausgeübt, wobei die Hochschule oft im Verschaffen einer solchen Beschäftigung behilflich ist. So findet mit geringem Zeitaufwand eine sachgemäße Unterweisung in der handwerksmäßigen Seite des Fachgebietes statt, und die Ferientätigkeit als Volontär verspricht, weil die Grundlagen vorhanden sind, einen weit größeren Erfolg als bei uns, wo den Volontären, besonders in größeren Betrieben, viel zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet wird und gewidmet werden **kann**, und so viel kostbare Zeit vergeudet wird.

Der Schwerpunkt der amerikanischen Ingenieurausbildung liegt in der Tätigkeit in den Laboratorien, die denn auch aufs beste ausgestattet sind. Allerdings wird man Versuche und Apparate, die nur didaktischen oder gar nur historischen Wert haben, wie Tangentenbussole, Torsionswattmeter, die Bestimmung der Stromstärke mittels Kupfervoltameter und ähnliches, vergebens suchen. In dem Programm der Pennsylvania-Universität in Philadelphia heißt es z. B.: „In each class, only the most modern methods are used, the object being to drill the student in working methods that have become standard in practice."

Mit den jetzt gebräuchlichen Instrumenten und Meßmethoden soll der Student vollkommen vertraut gemacht werden. Und mit solchen modernen Apparaten und Einrichtungen sind die Laboratorien meist sehr reichhaltig versehen, was auch z. T. dem Umstande zu verdanken ist, daß außerordentlich viel von Firmen geschenkt wird. So sah ich in der Pennsylvania-Universität die vollständige elektrische Ausrüstung eines Straßenbahnwagens, mit Motoren und Kontroller, Stufenschaltern zum selbsttätigen stufenweisen Ausschalten der Anlaßwiderstände u.s.w., an der mit 500 Volt im Betriebe Untersuchungen und Messungen vorgenommen werden können. Ferner eine vollständige Anlage für Quadruplextelegraphie mit zwei Stationen, an der von den Studenten praktische Übungen ausgeführt werden, beides Geschenke. Die Cornell-Universität, die besonders reichhaltig ausgestattet ist, hat neben den Hauptlaboratorien ein besonderes Laboratorium für Untersuchung von Feuerungsmaterial, ein anderes für Öluntersuchung, auch ein Kältelaboratorium.

Zu den Versuchen sind die Apparate nicht aufgebaut, sondern der Student muß, wie das ja auch bei uns mehr oder weniger durchgeführt ist, die Zusammenstellung und Schaltung selbst machen. Erfordert die Durchführung des Versuchs mehr als einen Beobachter, so bekommt der Student, der mit der Aufgabe betraut ist, einen anderen zur Unterstützung, der jedoch für die ganze Versuchsausführung nicht verantwortlich ist. Die Methode scheint mir beachtenswert, weil so jeder Student die von ihm geleiteten Versuche selbst durchdenken muß, und ein Mitläufertum, das die von anderen aufgenommenen Protokolle geistlos abschreibt und einliefert, wohl wirksam vermieden wird.

Für die Theorie bleibt bei dieser Einteilung des Unterrichtsplanes naturgemäß nicht zu viel Zeit übrig. Die Vorlesungen stehen zum großen Teil in engem Zusammenhang mit der zeichnerischen und praktischen Tätigkeit und bereiten den Studenten auf das Entwerfen und Konstruieren sowie besonders auf die Laboratoriumsmessungen vor. Es soll ein Hand in Handgehen von Vortrag und Übung stattfinden, was bei uns leider noch vielfach zu wünschen übrig läßt.

Bei den Vorlesungen wird ausgiebiger Gebrauch von Büchern gemacht, zu denen der Vortrag im wesentlichen nur Ergänzungen und Erläuterungen gibt; vielfach erhalten die Studenten direkt die Vorlesungen gedruckt.

Eine erhöhte Anwendung solcher gedruckten Unterlagen erscheint mir auch für die Vorlesungen an unseren Hochschulen wünschenswert, insbesondere in Fächern mehr empirischen Charakters, wo es sich oft um Mitteilung eines größeren Datenmaterials handelt, bei dessen Aufzeichnung es dem Hörer oft kaum möglich ist dem

Sinn der gemachten Mitteilungen die nötige Aufmerksamkeit zu widmen. Es wird dadurch jedenfalls eine weit bessere Ausnutzung der aufgewandten Zeit erzielt werden können.

Wir sehen also, daß der amerikanische Hochschulunterricht in den technischen Fächern ganz besonders auf das praktisch Verwendbare zugeschnitten ist. So ist der Student drüben bei Beendigung seines Studiums für die Praxis eher brauchbar als der deutsche Student. Ich fand durch eigene Beobachtungen und in Aussprachen mit Ingenieuren und Studenten bestätigt, was mir dort ein Professor, der auch in Deutschland studiert hat, sagte: Der amerikanische Student wird besser „instructed", der deutsche besser „educated". In dem gelernten Berufe ist der Amerikaner vollständig auf der Höhe, wird er aber vor eine Aufgabe gestellt, die nicht ganz in sein Gebiet hineingehört, so versagt er leicht, während der Deutsche sich infolge seiner besseren Grundlagen eher zurechtfindet.

Ohne den Wert dieser guten Grundlage zu unterschätzen, neigt man bei uns aber doch wohl immer mehr zu der Auffassung, daß dem jungen Diplom-Ingenieur etwas mehr „instruction" nur förderlich sein könnte. Wir suchen dem Studenten zu viel Theorie mitzugeben, die er nur in wenigen Fällen wirklich verarbeiten kann, und für die er im allgemeinen in der Praxis keine Verwendung hat, und das auf Kosten praktisch anwendbaren Könnens.

Der amerikanische Student, der sich einer mehr wissenschaftlichen Tätigkeit widmen will, erwirbt sich als „Graduate" (nach dem vierjährigen Studium) die nötigen theoretischen Kenntnisse und die Fähigkeit, Untersuchungen selbständig durchzuführen, die bei uns dem nor-

malen Studenten in vier Jahren doch nicht zur Genüge gegeben werden kann. Einem ähnlichen Gedanken verleiht Prof. George H. Shepard[1] von der Purdue-University Ausdruck in dem *Proc. of the Soc. for the Promotion of Engineering Education*, Vol. 18. „Notice on German Technical Universities": daß die deutsche Unterrichtsmethode geeignet ist für die Entwicklung der Tüchtigsten, ohne sich darum zu kümmern, was aus dem Rest wird. Das amerikanische System dagegen will in der Industrie brauchbare Ingenieure möglichst aus all dem Rohmaterial machen, das zu ihm kommt".

Zum Schluß sei noch kurz der gemeinnützigen Einrichtungen Erwähnung getan, für die an den amerikanischen Hochschulen außerordentlich viel geschieht. Ein geräumiges Klubhaus ist in der Regel vorhanden zur allgemeinen Benutzung, mit Lese-, Schreib- und Rauchzimmern, Billard- und Musiksälen, wodurch den geistigen und geselligen Bedürfnissen der Studenten Rechnung getragen wird. Wer in möglichster Nähe seines Tätigkeitsfeldes wohnen möchte, hat dazu durch die zur Universität gehörigen „Dormitories", Studenten-Wohnhäuser, Gelegenheit, in denen er einen oder mehrere möblierte Räume gegen mäßige Gebühr mieten kann.

Vor allem aber ist es die Pflege des Sports, der Betätigung des Körpers, der die Hochschulbehörden und die Stifter größerer Geldmittel ihre vollste Aufmerksamkeit zuwenden. Schwimmhallen und Turnsäle, Plätze für Turnspiele und Wettläufe, stehen jedem Studenten zur freien Benutzung offen und werden viel benutzt, eine große Anzahl von Vereinen geben Gelegenheit sich in dem einen oder anderen Sport besonders zu üben. Die Hochschulverwaltungen unterstützen alles das auf das

lebhafteste, wohl von der Erwägung geleitet, daß die Körperpflege nicht eine private Angelegenheit des Einzelnen ist, sondern daß ein vitales Interesse der Hochschule vorliegt, durch Anregung zu körperlichen Übungen den Geist frisch und aufnahmefähig für den dargebotenen Wissenstoff zu machen.

An unseren deutschen Hochschulen ist seit jüngster Zeit auch eine Bewegung im Gange, die ähnliche Ziele verfolgt, und es wäre aufs wärmste zu begrüßen, wenn es gelingen würde, in weiteren Kreisen unserer studierenden Jugend das Interesse für eine mehr turnerische Ausnutzung ihrer freien Zeit zu heben. Die Früchte werden dann gewiß nicht ausbleiben.

Dingl. Pol. Journal, 10. Juni 1915, S. 382.

NOTES

NOTES

Page 1. — 1. **d. h.:** Abbreviations are defined in the vocabulary.

2. **Es,** corresponding to the English expletive 'there,' is often used to introduce the real subject which follows the verb. Translate: *There is observed a change in their location,* or *a change in their location is observed.*

3. **gradlinig oder krummlinig;** note the structure of these words; to make any substantial progress in translating scientific German, the student must constantly study the composition of words. See above: *Beharrungsvermögen, einnimmt, Bewegungszustand, ändern, Beobachtungsvermögen, Ortsveränderung.*

4. **der . . . gebrauchten Zeit,** *the time required for covering the same.* Master at once the rules for translating participial constructions. See Introduction.

Page 2. — 1. **so lange . . . bis,** usually translated simply by *until.*

2. **in der Weise,** *in that manner, in such a way; der, die, das,* as demonstrative adjective, is distinguished from the definite article only by greater stress in pronouncing.

3. **um,** connect with **zu versetzen.**

Page 3. — 1. **dadurch,** 'in this way,' introducing an explanatory clause with **daß,** is a very frequent construction and is generally best translated as a participle. For example, we might here translate: *only by a force acting laterally.*

2. **selbst,** as intensive pronoun, follows the word it qualifies; as adverb meaning 'even,' it precedes the word or phrase it qualifies.

3. **wenn die durch die . . . Geschwindigkeit;** apply the rule for participial constructions: *if the velocity produced by the,* etc.

Page 4. — 1. **dadurch . . . daß . . . nimmt,** *by taking;* see page 3, note 1.

2. **zu,** by strict rule, would come at the end of the sentence.

3. **Zum Messen,** *for the measuring;* the infinitive used as a noun. This usage is especially common in scientific writing.

4. **bei etwa + 4° Celsius;** read: *bei etwa plus vier Grad Celsius.*

Page 5. — 1. **Isaak Newton,** Sir Isaac Newton (1642–1728), physicist and mathematician, discovered the law of universal gravitation.

Page 6. — 1. **45 : 1,** read: *45 zu 1.*

2. **feststände,** *should stand still;* subjunctive in a condition contrary to fact.

3. **wie $4^2 : 1^2$,** read: *vier zweite Potenz, zu eins zweite Potenz.*

4. **damit die Anziehung . . . vor sich gehe,** *in order that the attraction may continue,* or *may exist.*

5. **Johann Kepler** (1571–1630), a brilliant German mathematician and astronomer; discovered three very important astronomical laws.

6. **betreffender Kraft,** *of the force concerned,* or *in question.*

Page 8. — 1. **das Zeichnen,** see page 4, note 3.

2. **daraus, daß,** *by the fact that;* compare page 3, note 1.

3. **leicht,** here used adverbially.

Page 10. — 1. **soll heißen,** *means.*

Page 11. — 1. **zweier;** the numerals *zwei* and *drei* are often inflected, when not accompanied by a modifying word, to indicate the case of their nouns.

2. **Man kann sich . . . denken,** *one may imagine,* or *conceive.*

3. **zu ersetzen,** *to be replaced;* the infinitive with *sein* is active in form but passive in meaning. Ex. *Das ist zu verstehen,* 'that is to be understood.'

Page 12. — 1. **auf in Ruhe befindlichem Wasser,** *on quiet water.*

2. **wenn die Ruderkraft . . . ausgeübte Kraft,** *when the rowing force, in comparison with the preceding, is increased by the force exerted by the current.*

3. **um,** *by as much as.*

4. **deren,** *whose;* genitive singular of the relative pronoun, **der.**

Page 13. — 1. **Wird davon abgesehen,** *if it is conceived from this.*

2. **die zu ermittelnden Kräfte,** *the forces to be ascertained;* the present participle with **zu** is gerundive, denoting something to be done.

Page 14. — 1. **es,** see page 1, note 2.

Page 15. — 1. **in leck gewordene Schiffe,** *into leaking ships.*

2. **um so . . . je,** *the . . . the;* also the correlatives **je . . . je** and *je . . . desto* are used in this sense.

3. **dadurch, daß,** see page 3, note 1.

4. **verschiebt sich das Gefäß,** *the receptacle is moved.* Note how frequently the reflexive construction is used instead of the passive.

Page 16. — 1. **mit . . . zusammen,** *together with.*

Page 17. — 1. The equation reads: *400mal 200 sind (gleich) 80000 Gramm oder 80 Kilogramm.*

2. **wobei nicht in Betracht kommt,** *in which case no consideration is made.*

Page 18. — 1. **in der Weise . . . daß man . . . ermittelt,** *by ascertaining;* see also page 2, note 2. *In der Weise* simply anticipates the explanation as given in the *daß* clause.

2. **läßt sich erwarten,** *it may be supposed.*

3. **gefüllten . . . überdeckten,** both modify **Glase.**

Page 19. — 1. **der äußeren Luft,** dative of possession; translate: *the equilibrium of the external air is maintained.*

Page 20. — 1. **in die zu hebende Flüssigkeit,** *into the liquid to be raised;* see page 13, note 2.

Page 21. — 1. **dadurch, daß,** see page 3, note 1.

Page 22. — 1. **hin- und hergehende,** a contraction for *hingehende und hergehende.*

Page 23. — 1. A proportion as 2 : 4 : : 8 : 16 is read thus: *2 verhält sich zu 4 wie 8 zu 16,* or *wie 8 sich zu 16 verhält.*

2. Read the fractions thus: *neun Achtel, fünf Viertel, vier Drittel, drei Hälfte, fünf Drittel,* etc.

Page 24. — 1. **indem man . . . spannt,** *by stretching; indem* is often best translated 'by,' with its verb translated as a participle.

Page 25. — 1. **durch sie hindurch,** *through them; hindurch* simply emphasizes the idea of *durch.*

Page 26. — 1. **gegenüber** like *nach* and *wegen* may precede or follow the word it governs.

Page 27. — 1. **mitten vor dem Spiegel,** *directly in front of the mirror.*

2. To denote emphasis, the German often spaces the letters thus instead of using italics.

Page 28. — 1. **wegen,** see page 26, note 1.

Page 31. — 1. **namentlich,** *especially;* distinguish from *nämlich.*

2. **Frauenhoferschen Linien,** named after Jos. von Frauenhofer (1787–1826). In 1815 he measured and described with wonderful fidelity the dark lines of the solar spectrum.

Page 32. — 1. **nach der,** *according to which.*

Page 33. — 1. **mit 0,** *mit Null.*

2. −, *minus;* +, *plus.*

3. **Weil,** etc., read: *Weil 80° R 100° C entspricht, so ist 1° R gleich 5° C.*

4. **Um . . . zu lassen,** *in order to cause;* note carefully the varied meanings of *lassen.*

5. **Es,** see page 1, note 2.

Page 34. — 1. **durch die Wärme,** *by heat;* abstract nouns in German are usually accompanied by the definite article.

2. **1/3,** *ein Drittel.*

Page 35. — 1. **ist zu merken,** *is to be noted;* see page 11, note 3.

Page 37. — 1. **umgeben,** *surrounded;* past participle.

2. **irgendeinen,** *any, any whatever.* Observe the force of *irgend* in *irgendwo,* 'anywhere'; *irgendwie,* 'anyhow'; *irgendwann,* 'any time.'

3. **so zeigt sich,** *it is seen;* see page 15, note 4.

Page 38. — 1. **sich . . . zu erkennen gibt,** *is to be discerned.*

2. **in der Weise,** see page 18, note 1.

3. **mit einem Stücke . . . belastet,** *loads them with a piece of soft iron, an anchor, and weights suspended thereon.*

4. **sollen,** *are said to.*

Page 39. — 1. **auf . . . zurückzuführen ist,** *is to be traced back to.*

Page 40. — 1. **seien,** subjunctive in indirect discourse.

2. **von möglichst hoher Kraft,** *of the highest (greatest) possible strength.*

Page 42. — 1. **über,** when meaning *about, concerning,* governs the accusative.

2. **auf,** *as to, for.*

Page 43. — 1. **für sich,** *by itself; in and of itself.*

2. **auf chemischem Wege,** *by chemical process.*

3. **John Dalton** (1766–1844), famous English chemist; author of the atomic theory.

Page 44. — 1. **Johan Jacob Berzelius** (1779–1848), celebrated Swedish chemist; he was the author of the system of chemical symbols and discovered the elements selenium and thorium.

Page 45. — 1. **Amadeo Avogadro** (1776–1856), famous Italian physicist and chemist.

2. **Joseph Louis Gay-Lussac** (1778–1850), eminent French chemist; in 1807, he determined the coefficient of expansion of gases.

3. **1/273,** *ein Zweihundertdreiundsiebzigstel.*

4. **Robert Boyle** (1626–1691), English theologian and experimenter; made many important discoveries in pneumatics. — **Edme Mariotte** (1620–1684), French scientist; his name is associated with the law of gases, really discovered fourteen years previously by Boyle.

5. **Pierre Dulong** (1785–1838), French chemist, known chiefly for the law which he discovered jointly with Petit in 1819.

Page 47. — 1. All abbreviations and symbols are given in the vocabulary.

2. **aufgesogenen** from *aufsaugen.*

Page 48. — 1. **der . . . Bunsenflamme,** *to the Bunsen flame,* which of itself is non-luminous. Article 34 in this book relates of Bunsen.

2. **Davyschen,** Sir Humphrey Davy (1778–1829), English inventor and chemist; he invented the safety-lamp about 1816.

Page 50. — 1. **unter Umständen,** *under (certain) conditions.*

2. **Da es sich . . . um die . . . handelt,** *since it is a question of the,* etc.

Page 51. — 1. **Antoine Lavoisier** (1743–1794), illustrious French chemist, one of the fathers of modern chemistry; discovered the composition of water 1783.

Page 52. — 1. **vermag** governs both *abzuscheiden* and *herzustellen.*

2. **Wie dem indessen auch sein mag,** *however that may be.*

Page 53. — 1. **Julius Robert Mayer** (1814–1878), noted German physicist; to him is due the first conception of the doctrine of the conservation of energy.

2. **Hermann Helmholtz** (1821–1894), German physicist and physiologist.

3. **980, 8.10⁵ Erg,** read: *neunhundertachtzig, Komma, sechs mal 10, fünfte Potenz Erg.* German usually uses the comma to introduce the decimal.

4. **Joule,** named for James Joule (1818–1889), English scientist, who first ascertained the exact proportion between the mechanical powers of steam and electricity.

Page 54. — 1. **auf experimentellem Wege,** *by experiment, experimentally.*

Page 55. — 1. **auch wenn,** *even if.*

2. **auf chemischem Wege,** see page 43, note 2.

Page 56. — 1. **18.,** read: *achtzehnten.*

2. **Jeremias B. Richter** (1762–1807), German chemist. — **Joseph L. Proust** (1754–1826), French chemist. Both of these men did invaluable work as pioneers in modern chemistry.

Page 58. — 1. **der Voraussetzung gemäß,** *according to the supposition.*

Page 59. — 1. **seien es,** *be they.*

Page 60. — 1. **außer . . . auch,** *not only . . . but also.*

2. **der . . . Wahrnehmung,** dative, governed by *entziehen.*

Page 61. — 1. **stehen . . . nahe,** *are closely related to.*

2. **unter Umständen,** see page 50, note 1.

Page 62. — 1. **etwa,** *possibly,* or *for instance;* distinguish from *etwas.*

2. **von denen bereits die Rede war,** *which have already been discussed.*

Page 63. — 1. **beliebig feiner,** *fine as one wishes.*

2. **verschwänden . . . veränderten,** past subjunctive in statement contrary to fact.

3. **wie allein schon daraus hervorgeht,** *as is evident from this alone.*

Page 64. — 1. **bei diesen,** *in the case of the latter; dieser* often denotes 'the latter,' *jener,* 'the former.'

2. **die . . . befindlichen Teile,** *the individual parts situated* (spatially) *beside one another;* the rule for the translation of participial constructions may often be applied to *befindlich.*

3. **Lösungen,** object of *aufzufassen.*

4. **man denke nur an,** *let one consider only;* hortative subjunctive.

Page 65. — 1. **in Frage kommen,** *are discussed.*

Page 66. — 1. **ungeheuer wenig,** *very slightly;* lit. 'monstrously little.'

2. **an zu lösender Substanz,** *of the substance to be dissolved;* see page 13, note 2.

Page 68. — 1. **gelangt,** distinguish between *gelangen,* a weak verb, and *gelingen,* which is strong.

Page 70. — 1. **nur 0,008°,** read: *nur acht Tausendstel Grad,* or *null, Komma, null, null, acht Grad.*

2. **geht . . . in die Höhe,** *rises.*

3. **Die . . . erforderliche Wärmemenge,** *the amount of heat requisite for the melting,* etc. Compare with *befindlich,* page 64, note 2.

Page 71. — 1. **Erst,** *only.*

Page 72. — 1. **zur Hälfte,** *half.*

2. **Denkt man sich,** *if one imagines,* or *conceives.*

Page 73. — 1. **jener,** see page 64, note 1.

2. **in der Weise . . . daß die . . . versuchen,** *by endeavoring;* see likewise page 18, note 1.

Page 74. — 1. **das Ganze,** *the whole, the whole mixture;* the adjective used as a noun.

Page 75. — 1. **mit dem . . . gewonnenen Kalkstein,** *with the limestone obtained from the famous limestone quarries,* etc.

2. **rühre . . . her,** from *herrühren;* subjunctive of indirect statement.

3. **Wie so . . . wurde,** translate freely: *just as the invention of many another inventor has been contested by other persons striving to attain like ends.*

4. **Sei dem wie immer,** *be that as it may.*

Page 76. — 1. **gleichen Schritt halten,** *to keep pace with.*

2. **in den fünfziger Jahren,** *in the fifties.*

3. **die dahin geht,** *which states.*

Page 79. — 1. **Warnemünde,** a German town on the Baltic Sea, near the city Rostock. — **Gjedser,** a Danish village on the island Falster. — **Saßnitz,** a German town on the island Rügen, in the Baltic Sea. — **Trelleborg,** Swedish town on the Baltic Sea.

2. **Diese Bahn steht vereinzelt da,** *this road stands forth unique.*

Page 81. — 1. **Börsenmatadors,** *stock-exchange trader; Börse,* 'the exchange,' *Matador* (Spanish), 'bull fighter.'

Page 82. — 1. **man hat Vorsorge getroffen,** *they have made provision.*

2. **umdräut,** *threatened on every side; dräuen* (rarely used) = *drohen.*

Page 84. — 1. **Würden . . . werden,** *were;* **wäre,** *would be.* The preceding is a peculiar and somewhat questionable construction for a conditional sentence.

Page 85. — 1. **dieses . . . Gebietes,** *of this really quite limited area.*

2. **an und für sich,** *in and of itself.*

Page 86. — 1. **sind lange . . . Erscheinungen,** *are by no means exceptional occurrences.*

Page 88. — 1. **zu der,** *in which,* or *when.*

Page 89. — 1. **auf maschinellem Wege,** *with machinery.*

2. **Mahoningmine,** in Pennsylvania.

3. **stellt sich dem Äußeren nach . . . dar,** *appears from the exterior.*

Page 91. — 1. **so ziemlich,** *approximately.*

Page 92. — 1. **einer . . . bezahlten,** *one of the most poorly paid.*

Page 94. — 1. **würde . . . versagen,** *should the iron ore supply in the earth some day give out;* see page 84, note 1.

2. **wäre es . . . geschehen,** *it would mean the end of all civilization.*

Page 95. — 1. **um ein sehr bedeutendes,** *very considerably,* or *enormously.*

2. **Nun . . . bis dahin,** *by that time of course.*

3. **können,** translate as a condition.

Page 96. — 1. **terra incognita** (Latin), *unknown land.*

2. **im Abbau begriffenen,** *now being mined.*

Page 97. — 1. **in der neuesten Zeit,** *very recently.*

2. **Teiches,** *pond,* i.e. the Atlantic.

Page 98. — 1. **im großen und ganzen,** *all in all,* or *on the whole.*

2. **geht darauf aus,** *has as its aim.*

3. **nach Kräften,** *as far as possible,* or *to the best of one's ability.*

Page 99. — 1. **weil es für ihre Bekämpfung an . . . fehlte,** *because, for combating them, there was lacking the necessary organization of,* etc.

Page 101. — 1. **machten sich . . . zunutze,** *took advantage of.*
2. **zum größten Teil,** *for the most part.*

Page 103. — 1. **abgesehen davon,** *aside from the fact.*

Page 105. — 1. **zu . . . Teile,** *very largely.*

Page 106. — 1. **auf den er es absieht,** *for whom he intends it.*
2. **ist . . . der Erfolg dem Umstand zu verdanken,** *the result is to be ascribed to the fact . . .*

Page 107. — 1. **entnehmen wir,** why inverted order?

Page 108. — 1. **irgendeine Arbeit verrichten zu lassen,** *of having any work whatever performed.*

Page 109. — 1. **Wie diese Lage beschaffen ist,** *what this situation really is.*

Page 110. — 1. **„Mitteilungen . . . des Seewesens,"** a German periodical.
2. **alles daran setzen wird,** *will exert every effort.*
3. **Als wir . . . tauchten,** *when, incidental to the undertaking of the submarine trial trip, we plunged into the deep.*

Page 111. — 1. **auf das sorgsamste,** *most carefully;* compare with the form, *am sorgsamsten.*

Page 113. — 1. **noch vor Jahrzehnten,** *even decades ago.*
2. **das . . . Vorkehrungen schafft,** *which at this moment is making provisions for the control of the present, as well as of a much desired, greater traffic.*

Page 115. — 1. **aus Anlaß,** *on the occasion.*

Page 117. — 1. **sehnsüchtigen Auges,** *with longing eye;* adverbial genitive.

2. **machte man sich daran,** *they undertook.*

Page 118. — 1. **Man war schon nahe daran gewesen,** *they had already been on the point of.*

Page 119. — 1. **als,** *as if;* note that *als*, meaning 'as if,' inverts the verb.

Page 121. — 1. **lassen** = *gelassen;* the modal auxiliaries and *lassen, sehen, helfen* and a few other verbs have two forms of the perfect participle. When is the infinitive form used?

Page 122. — 1. **es began an Leuten zu mangeln,** *there began to be a lack of people.*

Page 124. — 1. **lassen,** see page 121, note 1.

Page 125. — 1. **alles war im besten Zuge,** *everything was most favorable.*

Page 126. — 1. **steht vielleicht vereinzelt da,** *stands out perhaps unique.*

Page 127. — 1. **Diese . . . nicht gewachsen,** *the latter, however, were not strong enough for the engine.*

2. **mußte . . . gelassen werden,** *had to be allowed.*

3. **als,** *as if,* inverts the position of the verb.

Page 128. — 1. **denen weder die Peruaner noch . . . gewachsen waren,** *to which neither the Peruvians nor . . . were equal.*

Page 133. — 1. **Salamis,** an island of Greece. In the narrow strait between Salamis and Attica occurred the famous battle of Salamis in which the Greeks under Themistocles almost destroyed the Persian fleet.

2. **Actium,** a town in ancient Greece; here occurred the naval battle in which Octavius Caesar gained a decisive victory over Mark Antony.

Page 134. — 1. **Hanse,** *Hanseatic League,* an association of free cities of Northern Europe, formed in the thirteenth century to protect their mutual commercial interests; see encyclopedia.

2. **Armada;** the Spanish Armada, consisting of 130 ships, fitted out for the conquest of England; only 53 returned to Spain.

Page 136. — 1. **Ihr** (dat. of *sie*), governed by *folgen.*

Page 138. — 1. **schreibe,** imperative subjunctive.

Page 139. — 1. **welche Zahl immer,** *any number whatever.*

Page 141. — 1. **mag es,** connect with **erlaubt sein,** five lines below.

Page 142. — 1. **nebenbei bemerkt,** *by the way.*

2. **Veri sigillum simplex** (Latin), *simplicity is the soul of truth.*

3. **Seine Exzellenz,** *Your Excellency;* in addressing superiors, especially in titles, the third person is often used.

4. **Eurer Hochwohlgeboren,** *Your Excellency,* or *Your Honor.*

Page 143. — 1. **sehen,** see page 121, note 1.

2. **auf du und du,** *on most intimate terms.*

Page 144. — 1. **die ihm . . . zueigen war,** *which he had over force and matter.*

Page 145. — 1. **Gäste,** in German universities, attendance at classes is not obligatory.

2. **wohl oder übel,** *for good or for bad; for better or worse.*

3. **Getrampel,** *stamping with the feet;* this is the usual way in which the German student shows his approbation.

Page 147. — 1. **höchst eigenhändig,** *with his own (very) hand.*

Page 149. — 1. **reichlichen Stoff,** object of *gaben.*

Page 150. — 1. "*Investigations into the Habits of Ants.*"
2. "*The Ants of Switzerland.*"
3. **So ist;** the foundation of the sentence is: *So ist . . . . die Arbeiterfrage . . . gelöst.*
4. **auf ganz . . . unumstößliche Weise,** *in a peculiar but at all events, — and that is the chief consideration, — unalterable and immutable manner.*

Page 151. — 1. **es sich von selbst versteht,** *it is of course understood.*
2. **das Seinige,** *his share;* possessive pronoun.
3. **ist es ihren Scharen gelungen,** *if their hosts have succeeded.*

Page 153. — 1. **dieser . . . Behandlung** (genitive) **nicht teilhaftig wurde,** *was not favored with this treatment.*

Page 158. — 1. **daß sie sich . . . bestimmen lassen,** *that they may be induced.*

Page 164. — 1. **bringt es mit sich,** *presupposes,* or *demands.*
2. **die bis Ende der achtziger Jahre,** *the one up to the close of the 80's* (up to 1890).
3. **Man griff hier zum Nächstliegenden,** *here they seized what lay nearest at hand.*

Page 165. — 1. **geboten,** from *gebieten.*

Page 166. — 1. **des neuzuerrichtenden,** *of the one soon to be erected;* the present participle preceded by *zu,* has a future passive force.

Page 167. — 1. **noch nie . . . zu überflügeln,** *to create something never before in existence and to surpass everything preceding.*

Page 168. — 1. **in weitgehendstem Maße,** *in the highest degree.*

Page 169. — 1. **kam . . . zum Ausdruck,** *was seen,* or *shown.*

2. **Kölner Dom,** the magnificent cathedral at Köln (Cologne). — **Notre Dame,** the finest cathedral in France.

3. **dessen Fassade . . . hätte,** *whose façade, because of its great height, would have been unimpressive* ('would have lost in expression').

Page 171. — 1. **3,5 m/sek.,** *drei, fünf Zehntel Meter pro Sekunde.*

Page 173. — 1. **in der Urzeit,** *in primeval times; ur,* prefixed only to nouns and adjectives, usually has the idea of beginning, origin, antiquity; thus: *Urwald, Ursache, uralt, Urvolk,* etc.

2. **Die freie Tochter der Natur;** see Schiller's *Das Lied von der Glocke.*

> Wohltätig ist des Feuers Macht,
> Wenn sie der Mensch bezähmt, bewacht,
> Und was er bildet, was er schafft,
> Das dankt er dieser Himmelskraft;
> Doch furchtbar wird die Himmelskraft,
> Wenn sie der Fessel sich entrafft,
> Einhertritt auf dèr eignen Spur
> Die freie Tochter der Natur.

3. **es wird . . . gegeben haben,** *there were;* the future perfect is often used for the present perfect, to denote conjecture or probability.

Page 174. — 1. **das Alles,** *all this.*

Page 175. — 1. **gegen früher,** *as compared with former times.*

2. **ist damit . . . Geisteskräfte,** *thereby is acceleration given for* ('thereby is accelerated') *the symphony of the coöperating forces of nature and the human mind.*

3. **Leonardo da Vinci** (1452–1519), an Italian, world-renowned as painter, sculptor, architect, engineer, inventor, and man of science. — **Galilei,** *Galileo* (1564–1642), an Italian, who, with his astounding erudition, may justly be ranked along with da Vinci. He was a diligent student of the classics, an accomplished musician, painter, and general scientist; discovered the laws of oscil-

lation, invented the microscope, thermometer, and proportional compass, and made numerous astronomical observations; one of the world's greatest physicists and mathematicians. — **Huygens** (1629–1695), Dutch mathematician. — **Euler** (1707–1783), Swiss mathematician. — **d'Alembert** (1717–1783), French mathematician. — **Galvani . . . von Siemens,** all pioneers in the field of electricity.

Page 180. — 1. **Eines,** *one thing.*

Page 181. — 1. **Quadratmeile,** *square mile;* the German mile is about 4½ English miles.

Page 182. — 1. **Perioden** is subject of the verb.

Page 184. — 1. **William Gilbert** (1540–1603), a distinguished English scientist and physician; he was the first to establish the magnetic nature of the earth, which he regarded as one great magnet; he was the first to use the terms "electric force," "electric attraction" and "magnetic pole." His book, *De Magnete* (1600), which was the first great work on physical science to be published in England, will always be regarded as epoch-making in the history of magnetism and electricity.

Page 185. — 1. **Flintglase,** *English flint-glass,* a soft, sparkling, highly refractive glass in which the silica is combined with oxide of lead in greater or less quantity. Analyses of different kinds of flint-glass show the presence of from 28 to 37 per cent of oxide of lead, 14 to 17 of potash, and 52 to 59 of silica

Page 187. — 1. **1/10 natürl. Größe,** read: *ein Zehntel natürlicher Größe.*

Page 188. — 1. **Wiederholen wir,** *let us repeat;* imperative or hortative subjunctive.

Page 195. — 1. **Luigi Galvani** (1737–1798), a famous Italian physician and anatomist and the discoverer of current or "galvanic" electricity.

Page 199. — 1. **John Frederic Daniell** (1790–1845), English chemist and physicist. His name is best known for his invention of the Daniell cell (1836); he also invented the dew-point hygrometer and a register pyrometer known by his name. — **Bunsen:** Article 34 in this book relates of Bunsen. — **Heinrich Meidinger** (1831–1905), a German scientist, professor of physics in the Polytechnikum at Karlsruhe (1865–1904), discovered the galvanic element named for him in 1859, founded the *Badische Gewerbezeitung* (1867).

Page 201. — 1. **Georg Simon Ohm** (1787–1854), a German physicist and discoverer of the famous law in electricity which bears his name. The experimental proof of this law was first published in *Schweiggers Journal für Chemie und Physik*, vol. XLVI (1826), under the title of "Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten."

2. **106,3**, read: *eins, null, sechs, Komma, drei* or *hundert sechs und drei Zehntel.*

3. **0°**, read: *null Grad.*

4. **Alessandro Volta** (1745–1827), an Italian physicist, inventor of the voltaic battery, devised the electrophorus (1775), discovered the organic nature of marsh gas (1777); professor of physics at the University of Padua (1779–1804), was given the title of count by Napoleon (1801).

5. **André Marie Ampère** (1775–1836), distinguished French physicist, mathematician and naturalist, professor of experimental physics in the Collège de France (1824–1835); invented the astatic needle (1827), was the first to show that two parallel conductors carrying currents traveling in the same direction attract each other, while if traveling in opposite directions they repel each other. Ampère also formulated the theory that there are currents of electricity circulating in the earth in the direction of its diurnal revolution which attract the magnetic needle. The unit of electrical current is named after him.

Page 204. — 1. **0,001 118 g**, read: *null, Komma, null, null, eins, eins, eins, acht Gramm.*

Page 205. — 1. **die Größe der — hervorgebrachten — setzenden Kraft**; in this participial construction, notice that both *hervorgebrachten* and *setzenden* modify *Kraft*.

Page 208. — 1. **C. G. S.**, *Zentimeter-Gramm-Sekunden-Einheit*.

Page 209. — 1. **Michael Faraday** (1791–1867), a distinguished English chemist and physicist, professor of chemistry at the Royal Institution (1827–1836). Faraday was one of the most brilliant experimentalists that science has ever known and very great credit must be given him in the fields of chemistry and electricity. His first important discovery was the revolution of a magnetic needle around an electric current (1821). In 1832 he discovered the action of one current on another and also the effect produced by inserting or withdrawing a magnet in a coil of wire, which discoveries furnished the foundation for the development of magneto and dynamo machines. His researches in the realms of light and electrolysis are of great importance. To him we owe the terms "anode" and "cathode." His two great works are: *Experimental Researches in Electricity* (1855) and *Researches in Chemistry and Physics* (1859).

Page 210. — 1. **Charles Augustin Coulomb** (1736–1806), a French physicist and engineer, celebrated for his researches in electricity and magnetism, the inventor of the torsion balance by which the attraction of electricity and magnetism can be measured. The unit of electrical quantity is named after him.

Page 217. — 1. **ohne zu machen**, *without making*.
2. **ohne — zu stehen**; see above note.

Page 219. — 1. **Franz Äpinus** (1724–1802), a German physicist, for many years professor of physics in the University of St. Petersburg. He discovered the electric properties of tourmaline and improved the microscope. In common with Benjamin Franklin, he held the single-fluid theory of electricity, while most scientists of his time believed in the double-fluid theory. — **Benjamin Franklin** (1706–1790), an American author, states-

man and scientist. His first original experiments were with the action of fine points with reference to electric charges, a matter which he explained fully; his theory of the action of the Leyden jar and his " one-fluid theory " of electricity are accepted by most scientists of today. He discovered that lightning is an electrical phenomenon.

Page 222. — 1. **Augusto Righi** (1850–1919), an Italian physicist, many years professor of physics in the University of Bologna. After the discovery by Hertz of the physical methods for the investigation of electromagnetic waves, Righi made many important advances in this field and was of great assistance to Marconi in the development of the wireless telegraph. He published: *Die Optik der elektrischen Schwingungen* (1898); *Modern Theory of Physical Phenomena: Radioactivity, Ions, Electrons* (1904) and more than 200 scientific articles.

Page 223. — 1. **Werner von Siemens** (1816–1892), noted German electrical engineer, invented a process for electroplating in 1841, was the first to explode a submarine mine by electricity (1848). The first electric railway was erected at the Berlin Industrial Exposition of 1879 by Siemens and Halske, a firm founded by him and today one of the largest corporations in Germany.

Page 225. — 1. **Antonio Pacinotti** (1841–1912), an Italian physicist and electrician, professor of physics at the University of Pisa (1882–1892), best known for his invention in 1860 of a dynamo in which the coils of the armature were wound on a ring, — the same device which was subsequently independently discovered and extensively used in machines by Gramme.

Page 226. — 1. **Zénobe Théophile Gramme** (1826–1901), a noted French physicist and electrician. In 1869 he obtained a patent for the ring armature and made practical use of it. To him should be given the credit for having constructed the first direct current machine with multiple armature. In 1877 he built an alternating current ring armature machine for illumination purposes.

Page 232. — 1. **Friedrich von Hefner-Alteneck** (1845–1904), a noted German electrician, consulting engineer for the well-known corporation, Siemens and Halske (1890–1903). In 1873 he constructed the first drum inductor and also an alternating current machine with rotating coils without an iron core. He invented various kinds of electric lamps and much other electrical and mechanical apparatus.

Page 248. — 1. **Karl Auer von Welsbach** (1858–), an Austrian inventor who discovered the elements *praseodymium* and *neodymium* (1885) and *lutecium* (1907). His investigations of rare elements led to his invention of the incandescent gas burner in 1885 and of the osmium incandescent electric lamp in 1898.

Page 249. — 1. **Siemens & Halske,** a huge German corporation that manufactures electrical equipment; it has plants in Berlin, Charlottenburg, and Vienna. Capital in 1910 was 150,000,000 marks.

Page 250. — 1. **Walter Nernst** (1864–), a German physicist and chemist, professor of physical chemistry at Göttingen (1891–1905), and at Berlin (1905–1915). Invented the Nernst incandescent electric lamp. His publications include: *Siede- und Schmelzpunkt* (1893); *Die Ziele der physikalischen Chemie* (1896); *Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften* (1910); *Untersuchungen über die spezifische Wärme* (1914).

Page 254. — 1. **Davy,** see page 48, note 2.

2. **Auguste de la Rive** (1801–1873), a Swiss physicist and electrician who in 1842 discovered the process of electrogilding. He made original discoveries on the relation of magnetism to electricity, the properties of the voltaic arc, and the passage of electricity through extremely rarified media.

3. **Jules Violle** (1841–1918), a French physicist, many years professor of physics at the University of Lyons, best known for his researches in radiation, heat, and photometry.

Page 255. — 1. **vom Lichtbogen aus nach allen möglichen Richtungen hin;** *aus* serves to intensify the force of *vom*, while *hin* intensifies that of *nach*.

Page 257. — 1. **Leon Arons** (1860–1914), a German physicist; several years a private tutor in Berlin; later, as an independent scientist, he made noteworthy contributions on the lines of interference in the spectrum, the heat capacity of salt solutions, the electric arc, and the measurement of electromotive counterforces in the electric arc.

Page 261. — 1. **Sir James Clark Ross** (1800–1862), British rear-admiral and Polar explorer. In 1831, while on an Arctic expedition, he determined the position of the North Magnetic Pole.

Page 262. — 1. **Karl Friedrich Gauss** (1777–1855), German mathematician, one of the most brilliant mathematicians of modern times. He discovered the proposition that a circle can be divided into 17 equal arcs by means of elementary geometry, the first extension of the ancient Greek knowledge in this particular. He invented a new method for calculating the position of heavenly bodies and thus enabled astronomers to rediscover the lost planet Ceres. He is considered the founder of the mathematical theory of electricity.

Page 263. — 1. **Potsdam,** a residential city near Berlin, noted for its beautiful palaces and parks; population (1915), 68,000.

Page 265. — 1. **0,18880 C. G. S.,** read: *null, Komma, eins, acht, acht, acht, null Zentimeter-Gramm-Sekunden-Einheit.*

Page 269. — 1. **Dualisten;** " In der Elektrizitätslehre nennt man dualistische Hypothese (*Symmer*) die Annahme, daß es zwei, einander entgegengesetzte elektrische Fluida gebe, im Gegensatze zu der unitarischen Hypothese (*Franklin, Äpinus*), nach der die elektrischen Erscheinungen nur durch ein einziges

Fluidum verursacht werden." (From *Meyers Konversations-Lexikon.*)

Page 271. — 1. **James Clerk-Maxwell** (1831–1879), an English physicist, one of the world's wizard mathematicians. His first scientific paper, *On the Description of Oval Curves*, was read for him by Professor Forbes before the Royal Society of Edinburgh, before he was 15. Professor of experimental physics in the University of Cambridge (1871–1879), he demonstrated that electromagnetic action travels through space in the form of transverse waves similar to those of light and having the same velocity. Subsequent experiments by Hertz amply confirmed Maxwell's hypotheses that electricity and light are alike in their ultimate nature; his researches on color alone would have made him famous.

Page 272. — 1. **Heinrich Hertz** (1857–1894), a noted German physicist to whom are due the realization and detection of the electromagnetic waves which Maxwell had discovered theoretically. He effected the reflection, refraction, diffraction, and polarization of electric waves. His great work is: *Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität* (1890).

Page 273. — 1. **Heinrich Daniel Rühmkorff** (1803–1877), a German physicist, best known as the inventor (1851) of a form of induction coil which bears his name. In 1864 he was awarded a prize of 50,000 francs for his applications of electricity.

Page 274. — 1. **Turmbau zu Babel,** *tower of Babel* (Gen. XI.); its site has been found by German explorers and is now called *El Sahan.* As late as 1887, immense quantities of brick were taken from its ruins.

2. **Cheops** (about 2900 B.C.), second king of the fourth Egyptian dynasty, built the largest of the pyramids for his tomb. Originally its height was 482 feet; it contained 3,057,000 cubic yards representing a weight of 6,850,000 tons and it covered nearly 15 acres; it contains about 2,300,000 blocks of stone averaging 40 cubic feet in size (*Petrie*).

Page 275. — 1. **Ulm,** a city of 60,000 inhabitants (1910), in Württemberg, Germany. Its cathedral is the most beautiful example of late Gothic architecture in Germany.

2. **Obelisk;** the largest ancient Egyptian obelisks had a height of only 115 feet, but were, in most cases, monoliths, the quarrying, transporting and erecting of which would require all the skill of the best engineers of to-day.

3. **Alexandre Gustave Eiffel** (1832–1912), a famous French engineer, who erected the tower in Paris that bears his name. This tower has played a very important part in many fields of scientific investigation.

4. **Herodot,** *Herodotus* (c. 484 – c. 424 B.C.), a Greek historian, who was called by Cicero "the father of history." His writings are artistic and immensely interesting but not wholly reliable, for which reason he has also been called " the father of lies".

Page 276. — 1. **D-Zug;** "Die durchgehenden Schnellzüge auf den deutschen Hauptlinien sind manchmal aus langen besonders ruhig laufenden Wagen amerikanischer Bauart zusammengestellt, die untereinander durch Brücken und Lederbälge verbunden sind; daher die Bezeichnung Harmonika- oder Durchgangszüge." (From *Meyers Konversations-Lexikon.*)

2. **Hannover,** Hanover, an important city in northwestern Prussia; population (1912), 315,000.—**Ülzen,** an important steel-manufacturing city in northwestern Prussia; pop. (1912), 14,106.

Page 279. — 1. **Hamburg,** the largest seaport and the second largest city in Germany; population (1912), 951,075.

2. **Wetter a. d. R.,** *Wetter an der Ruhr* (river), an important steel-manufacturing town in Western Prussia; population (1912), 13,000. The *Ruhrrevier* (Ruhr district) is the greatest industrial and manufacturing center in Germany.

3. **0, 25 m i. d. Min.,** read: *null, Komma, zwei, fünf* (or *ein Viertel*) *Meter in der Minute.*

Page 280. — 1. **Hamburg-Amerika-Paketfahrt-Aktiengesellschaft** (HAPAG), *Hamburg-American Line,* founded in 1847; capital, 100,000,000 marks. Together with the *Norddeutscher*

Lloyd of Bremen, it represented the backbone of Germany's greatly developed mercantile marine.

2. **Duisburg,** a large city of Rhenish Prussia; population (1910), 229,483.

Page 281. — 1. **Eßlingen am Neckar,** a city in Württemberg; pop. (1912), 33,000.

Page 285. — 1. **Stuttgart,** capital of Württemberg; noted for its fine libraries and museums, one of the most important publishing centers of the world; pop. (1912), 306,000.

Page 287. — 1. **Schlesien,** *Silesia,* the largest of the provinces of Prussia, situated in the southeast; up to the Great War it had an area of 15,569 sq. mi.; pop. (1910), 5,236,000; Breslau is its capital.

Page 288. — 1. **Sachsen,** *Saxony,* a state of Germany; area, 5,789 sq. mi.; pop. (1912), 4,912,380; Dresden is its capital.

Page 291. — 1. **George Westinghouse** (1846–1914), an American engineer and inventor. He invented the air brake (1868) and also much in the way of safety devices and signaling apparatus. Many years president of the Westinghouse works at Pittsburgh, president of American Society of Mechanical Engineers in 1910.

Page 292. — 1. **in den fünfziger — Jahren,** *in the fifties and sixties,* i.e., 1850 to 1870.

Page 293. — 1. **Mont-Cenis,** a mountain of the Alps on the Franco-Italian frontier. The tunnel, constructed 1857–1870, is nearly 8 miles long and cost $14,500,000.

Page 294. — 1. **Midlandbahn,** *the Midland Railroad,* an English company, organized in 1848, extending from London to Scotland by way of the inland cities Bedford, Leicester, Sheffield, Leeds, Carlisle, etc.

Page 295. — 1. **Nordostbahn,** *the North Eastern Railway,* organized 1857, a provincial road, so-called because it has no London terminus.

Page 296. — 1. **Knorr-, Schleifer- und Carpenterbremsen,** etc.; various kinds of railroad brakes that were named after their inventors.

Page 297. — 1. **während des Krieges;** refers to the European war of 1914–1918.

2. **Siemens-Martin Verfahren;** "The original (acid) method, a process invented by Sir C. W. Siemens in England in 1865, was to melt pig iron alone and oxidize the impurities by additions of ore, assisted by the oxygen in the furnace gases; it was therefore practically identical with puddling except for the higher temperature which maintained the charge in a molten condition. The brothers Martin, in Sireuil, France, added steel or wrought-iron scrap, without any ore, to molten pig iron until the desired composition was obtained, there being only slight oxidation from the gases." (From *New International Encyclopedia.*)

Page 298. — 1. **gegenüber den — Ausgaben;** translate these three words together; notice that *durch* governs three objects.

Page 299. — 1. **1.;** read: *erstens.* **2.;** read: *zweitens.*

2. **38%;** read: *achtunddreißig Prozent.*

Page 301. — 1. **Mallet-Lokomotiven;** "*The Mallet articulated compound locomotive,* having two high-pressure cylinders driving one set of driving wheels and two low-pressure cylinders driving another set, first came into use in America when one of this type (0–6–6–0) was built for the B. & O. Railroad in 1904. The Mallet articulated type takes its name from M. Mallet, the inventor, and the fact that it has an articulation or joint in the frame, so that in spite of its long wheel base, it can negotiate sharp curves." (From *New International Encyclopedia.*)

Page 302. — 1. **Gäfle-Dala-Bahn,** a railway in east-central Sweden, connecting the cities Gefle and Dala.

2. **Avesta-Werken,** *Avesta Iron Works,* located in the village of Avestad, Sweden; pop. (1910), 3100.

3. **nach Brinell,** *according to Brinell,* a scientist.

Page 304. — 1. **Drontheimer Bezirk,** *the province of Trondhjem,* in Norway.

2. **Breslau,** the capital of the province of Silesia, in south-eastern Prussia; its university was founded in 1702 and in 1914 had 2604 students; population (1912), 526,920.

Page 305. — 1. **6,6 x 10^{15} Kalorien,** read: *sechs und sechs Zehntel mal zehn fünfzehnte Potenz Kalorien.*

Page 306. — 1. **Rhein, Rhone, Tessin, Maggia und Inn,** names of the largest streams in Switzerland.

Page 311. — 1. **ordentl. — Kgl.,** *ordentlicher Professor an der Königlichen . . .*

Page 312. — 1. **Meadi,** an Egyptian village of about 3500 inhabitants.

Page 313. — 1. **27 m^3,** read: *siebenundzwanzig Kubikmeter Wasser.*

Page 314. — 1. **Petersburg:** *St. Petersburg* or *Petrograd,* capital of Russia.

2. **Wuoksenfluß in Finnland:** " Wuoxen (Waxa), Fluß in Finnland, entspringt aus dem Saimasee, bildet den Imatrafall und mündet in den Ladogasee; seine Länge beträgt 162 km. Wegen seiner vielen Wasserfälle ist er nicht schiffbar." — **Imatrafälle,** " eine Reihe von Wasserfällen; das Flußbett verengert sich sehr and der Fluß fällt auf eine Länge von 325 m um 20 m herab." (From *Meyers Konversations-Lexikon.*)

Page 315. — 1. **Heidenheim an der Brenz;** Heidenheim, a town of 18,000, on the river Brenz, in Württemberg, Germany.

2. **Lac de Fully,** a small Swiss lake in canton Wallis (Valais). — **Wallis,** with an area of over 2000 sq. mi., is the third largest canton in Switzerland. — **Martigny,** its chief city, has a population of 6600 (1910).

3. **1 at (1 kg. f. d. cm²) entsprechen;** read: *eine Atmosphäre (ein Kilogramm für den Quadratzentimeter) entsprechen.*

Page 316. — 1. **Mülheim, Ruhr,** two neighboring cities in Western Prussia, at the confluence of the Rhine and Ruhr rivers; Mülheim's population in 1912, 56,405; that of Ruhr, 41,206.

2. **Altona,** the largest and richest city in Schleswig-Holstein, is noted for its woolen mills and iron foundries; pop. (1912), 176,840. In 1890, Ottensen and several other important suburbs were incorporated into Altona.

3. **vgl. D. p. J.;** read: *vergleiche Dinglers Polytechnisches Journal.*

4. **Lausitzer Neiße;** Lausitz (Lusatia), a district in Silesia, is traversed by the river Neiße; *Lausitzer* is here used as a proper adjective.

5. **Otto Intze** (1843–1904), a noted German engineer, professor in the Technische Hochschule in Hannover (1870–1898), one of the first to utilize on a large scale the idea of obtaining water power for electrical purposes by means of huge artificial reservoirs. Among his best works are: *Die bessere Ausnutzung des Wassers und der Wasserkräfte* (1889), *Bericht über die Wasserverhältnisse Ostpreußens* (1894), *Über die Wasserverhältnisse im Gebirge* (1900). — **Aachen** (Aix-la-Chapelle), a city of the Prussian Rhine Province, celebrated as a health resort; it has splendid schools and six public libraries; pop. (1910), 157,000.

6. **Turbinenwesen,** read: *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen.* (München.)

7. **Kalabrien** (Calabria), the southernmost peninsula of Italy; area, 5820 sq. mi., pop. (1911), 1,402,151.

Page 317. — 1. **Great Falls,** in Montana, U.S.A.

2. Read: *Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.* (Wien.)

Page 319. — 1. **Mannheim,** the largest city of Baden, is situated at the confluence of the Rhine and Neckar rivers; it has several fine museums and public libraries, although primarily a manufacturing city; pop. (1912), 197,806.

2. **Hagen i. W.,** a city in the Prussian province of Westfalen (Westphalia), has immense iron and steel foundries; pop. (1912), 81,046.

Page 321. — 1. **Saarbrücken,** a town formerly in the Rhine Province of Prussia; about 7,000,000 tons of coal are mined in this region annually. Pop. (1914), 109,707.

2. **Ludwig Mond** (1839–1914), a noted German scientist who in 1868 located in England and engaged in the Leblanc Soda Industry and there discovered the method for obtaining ammonium sulphate from alkali waste-materials. He made many important discoveries in the Solvay soda process, founded the Davy-Faraday Research Laboratory of the Royal Institute in 1896 and wrote many scientific articles for English, French, Italian and German magazines.

Page 322. — 1. **Wien,** *Vienna,* capital of Austria; pop. (1912), 2,098,000.

2. **Anton Kerpely** (1837–1898), a noted Hungarian chemist and engineer. Among his numerous writings in German are: *Die Anlage und Einrichtung der Eisenhütten* (1884), *Über Eisenbahnschienen* (1888), *Unterscheidungsmerkmale des Stahls* (1889).

Page 323. — 1. **Schnabel-Bone;** "Wenn man durch eine poröse Platte aus feuerfestem Material unter geringem Druck ein brennbares Gas ausströmen läßt, so brennt es, entzündet zunächst mit gewöhnlicher Flamme. Wird nun der Druck allmählich und gleichzeitig erhöht und gleichzeitig Luft mit eingeführt, so verschwindet nach und nach die Flamme und während die Oberfläche der feuerfesten Masse in lebhaftes Glühen gerät, findet eine Verbrennung des Gases bereits vor dem Austritt aus der Oberfläche oder unmittelbar an derselben statt ... Diese Erscheinung wurde im Jahre 1910 nahezu gleichzeitig und völlig unabhängig von Prof. William A. Bone

in Leeds, England und Ing. Rud. Schnabel in Berlin beobachtet." (From *D. p. J.*, Band 328, Heft 9, S. 139.)

Page 324. — 1. **Middlesborough,** an important manufacturing town in England, turns out over 2,700,000 tons per year of pig iron alone, besides making rails, locomotives, chemicals, etc. Pop. (1912), 106,536.

2. **Hermann Föttinger** (1877–), a German engineer and inventor, especially in the fields of hydraulics and electricity, who in 1909 became professor of electrical engineering at the Royal Technical Institute of Danzig. — " Der Föttinger-Transformator wurde weiteren Kreisen zum ersten Male durch den Vortrag seines Erfinders des Professors Dr.-Ing. Föttinger vor der elften Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft am 18. November 1909, *Eine neue Lösung des Schiffsturbinenproblems*, bekannt." (From *D. p. J.*, Band 328, Heft 5, S. 75.)

Page 325. — 1. **Rudolf Diesel** (1858–1913), a German inventor, born in Paris. In 1896 he invented the epoch-making Diesel engine. He wrote *Die Entstehung des Dieselmotors* (1913). His disappearance from a steamer while crossing the English channel in 1913, has never been explained and is by some considered as one of the problems in the chain of events leading up to the world war of 1914–1918.

2. **Stock-Motorpflug G. m. b. H.** (Gesellschaft mit beschränkter Haftung), *Stock Motor-Plow Co., Ltd.*

3. **Rombacher Hüttenwerke in Lothringen,** *the Rombach Foundries in Lorraine;* Rombach, a city of 9,000 has extensive iron and steel works.

Page 326. — 1. **Hochschule;** do not confound the German *Hochschule* with our " high school "; in Germany, the universities and the highest technical institutions are termed *Hochschulen.*

Page 328. — 1. **Ein Schwänzen — unmöglich,** in classes in German universities, there is no roll call and the attendance at class is not obligatory.

2. **Zwischenexamina;** in German universities, there are no mid-semester, semester or yearly examinations. The student is subjected to no examinations until he tries for a degree.

Page 333. — 1. **George H. Shepard,** an American mechanical engineer; graduate of U. S. Naval Academy (1891); M. E., Cornell Univ. (1902); professor of mechanical engineering, Syracuse University (1902–1911); consulting engineer (1911–1919); professor of mechanical engineering, Purdue Univ. (1919–).

VOCABULARY

The gender of nouns is indicated; also the plural, where this is in common use, except in case of the weak feminines. Separable prefixes are indicated by (-). Infinitives used as nouns and participles used as adjectives are, in most cases, not separately given. The principal parts of strong and irregular verbs will be found in the Alphabetical List following the Vocabulary.

A

ab off, away, down, on
ab-ändern to alter, modify
Abart *f.* variety
Abbau *m.* working, operation
abbauwürdig worth mining, workable
ab-bilden to portray
Abbildung *f.* sketch, cut
Abbrand *m.* burning away
ab-brechen to break off
ab-brennen to burn off *or* away
ab-bringen to dissuade
ab-dämmen to dam up
Abdampf *m.* exhaust steam
Abenddämmerung *f.* evening twilight
aber but, however
abermals once more
Abfall *m.* fall, decline
ab-fallen to fall, decline
ab-fassen to compose, draw up
Abfassung *f.* composition
ab-fließen to flow off, escape
Abfluß *m.* discharge, outlet
Abgabe *f.* delivery
Abgas *n.* **-e,** exhaust gas
ab-geben to give up *or* off; emit
ab-gewinnen to win from
ab-gleichen to equalize, adjust
ab-grenzen to mark the limits of, define
ab-halten to keep off, restrain
ab-hangen to depend upon
abhängig dependent
Abhängigkeit *f.* dependency
ab-heben to lift off
ab-helfen to remedy
ab-kühlen to cool
Abkühlung *f.* cooling
ab-kürzen to shorten, abbreviate
Abkürzung *f.* abbreviation
ab-laden to unload
ab-lagern to deposit
Ablagerung *f.* deposit
ab-laufen to run off, escape
ab-lehnen to refuse
ab-leiten to deduce, derive, deduct
Ableitung *f.* deduction; **—s-draht** *m.* **¨-e,** discharge wire
ab-lenken to deflect
ab-lesen to read off, read
ab-lösen to loosen, free
ab-mähen to mow off
Abmessung *f.* measurement, dimension
Abnahme *f.* decrease, diminu-

tion; —**versuch** *m.* **-e,** initial test
ab-nehmen to decrease, diminish
Abneigung *f.* aversion
ab-nutzen to wear (out)
Abnutzung *f.* wear and tear
Abrede *f.* **: in — stellen** to deny
ab-reiben to rub *or* scour off
ab-reißen to tear off
Abriß *m.* demolition
ab-rosten to rust off
ab-runden to round off
Abrüstung *f.* disarmament
ab-schätzen to estimate
Abschätzungsverfahren *n.* appraisement, valuation
ab-scheiden to separate, precipitate
Abscheidung *f.* separation
Abschiedsgruß *m.* **¨e,** farewell regards, leave taking
ab-schleudern to throw *or* fling off
ab-schließen to separate, detach, shut off; complete
Abschluß *m.* **¨e,** conclusion, end
ab-schmelzen to melt off
Abschnitt *m.* **-e,** section
Abschreckmittel *n.* —, means of intimidation, deterrent
ab-schreiben to copy
ab-schwächen to weaken, soften
Abschweifung *f.* digression
ab-schwingen to swing down
ab-sehen to turn one's eyes from, turn one's attention from, leave out of account; conceive; **abgesehen von** excepting, not considering
ab-setzen to deposit
Absicht *f.* intention, purpose
absolut' absolute
Absolvierung *f.* completion
ab-sondern to separate
Absonderung *f.* secretion
absorbieren to absorb, take up
Absorption' *f.* absorption; —**s-spektrum** *n.* absorption spectrum
ab-spielen (sich) to be enacted, occur, take place
ab-sprengen to blast off, cut off
ab-springen to jump off, alight
ab-stammen to descend from, be derived from
Abstand *m.* **¨e,** distance, interval
ab-stehen to desist from
ab-stellen to disconnect, stop
ab-stoßen to repel
Abstoßung *f.* repulsion
Abstufung *f.* gradation
Abt., Abteilung division, department, section; —**sgrenze** *f.* department boundary *or* limit; —**svorstand** *m.* head of a department
ab-tragen to carry away
ab-wägen to weigh (out)
Abwärme *f.* exhaust heat; —**quelle** *f.* source of exhaust *or* waste heat; —**verwertung** *f.* utilization of waste *or* exhaust heat
ab-warten to wait for, wait and see
abwärts downward, down
Abwärtsbewegung *f.* downward motion
ab-wechseln to alternate; —**d,** alternate
Abwehr *f.* protection
ab-wehren to parry, defend

ab-weichen to deviate, vary, diverge
Abweichung *f.* deviation, variation, deflection
ab-wickeln to unroll, evolve
ab-wischen to wipe off
ab-zehren to consume, wear off
ab-zeichnen to outline, define
ab-ziehen to subtract, remove, deduct; go away, leave
ab-zielen to aim at
ach! ah! oh!
Achat' *m.* **-e,** agate
Achse *f.* axis
Achsenschnitt *m.* axial section
acht eight; **—mal** eight times; **—teilig** eight-part, eight-piece; **—zig** eighty; **in den —er Jahren** in the eighties
achten to esteem; consider; **— auf** pay attention to
achtenswert worth considering
Achterschiff *m.* stern
achtlos heedless, inattentive
Acker: —bau *m.* agriculture; **—erde** *f.* surface soil
a. d. Kgl., an der Königlichen at the Royal
addieren (sich) to be added, increase, cumulate
Adelstand *m.* nobility
Adhäsion' *f.* adhesion
Adler *m.* **—,** eagle
Admiral'schiff *n.* flagship
Affinität' *f.* affinity
A.-G., Aktien-Gesellschaft *f.* stock company, corporation
Agent' *m.* **-en,** agent
Aggregat'zustand *m.* **¨-e,** state of aggregation
agrarisch agrarian
Ägypten *n.* Egypt
ahnen to divine, foresee
Ahndung *f.* punishment
Ahne *m.* **-n,** forefather
ähnlich similar
Ähnlichkeit *f.* similarity
Ahnung *f.* idea, suspicion
Akkumulator *m.* **-en,** accumulator, storage battery; **— enbatterie'** *f.* electric battery
Aktiengesellschaft *f.* stock company, corporation
aktuell' actual, real
Akustik *f.* acoustics
Algier' *n.* Algiers
Alkalimetal'le *n. pl.* alkaline metals
Alkohol *m.* alcohol
all all; **vor —em** above all; **—es** all, everything
alledem: trotz — for all that
allein' *adj.*, alone; *conj.*, but; *adv.*, only; **von —** independently
allenthalben everywhere
aller: —best very best; **—dings** to be sure, of course, at all events; **—erst** very first, foremost; **—feinst** very finest; **—größt** greatest of all, very largest; **—hand** all kinds of; **—jüngst** youngest of all, most recent; **—letzt** very last, ultimate; **—meist** most (of all)
allgemein general, usual, universal; **in —en,** in general
Allgemein: —bildung *f.* general training; **—heit** *f.* generality; general public; **—kenntnisse** *f. pl.* general knowledge broad culture
alljährlich annually
allmählich gradual
allseitig universal, whole

alltäglich of daily occurrence, daily; commonplace
allzu too, over, exceedingly; —**lang** too long, very long; —**sehr** too much
als as, as if, when, than
also therefore, thus, consequently
alt old, ancient; **die Alten** the ancients
Alter *n.* —, age; **von alters her** from ancient times; —**sbeschlag** *m.* a covering *or* dimness resulting from long use; —**tum** *n.* antiquity
altgermanisch old Germanic
althergewohnt customary
Altstadt *f.* older part of a city
Altwert *m.* second-hand value, scrap value
Aluminium *n.* aluminum (Al); —**blatt** *n.* aluminum leaf; —**erzeugung** *f.* production of aluminum; —**folie** *f.* aluminum foil
Amalgam' *n.* **-e,** amalgam; —**stückchen** *n.* —, particle of amalgam
amalgamieren to amalgamate
Amazone *f.* Amazon (*warlike woman*)
Ameise *f.* ant; —**nart** *f.* ant species; —**nbau** *m.* ant structure; —**nhaufe** *m.* —**n,** ant pile; —**nkolonie'** *f.* ant colony; —**nleben** *n.* ant life; —**nnest** *n.* —**er,** ant nest; —**nsäure** *f.* formic acid; —**nschädel** *m.* ant skull; —**nstaat** *m.* —**en,** ant state
Amerika *n.* America
Amerikaner *m.* —, American
amerikanisch American
Ammoniak' *n.* ammonia (NH_3); —**verbindung** *f.* ammonia compound
Ammoniumsulphat' *n.* **-e,** ammonium sulphate, $(NH_4)_2SO_4$
amorph' amorphous, shapeless
Amp., (Ampère) *n.* ampere; —**windung** *f.* ampere winding
amtlich official
an at, to, by, near, on, in; —**und für sich** in and of itself, considered by itself
Analogie' *f.* analogy
Analy'se *or* **Analysis** *f.* analysis
analy'tisch analytic
an-bahnen to clear the way for
Anbau *m.* **-e,** cultivation
an-belangen to concern
Anbetracht *f.* consideration; **in** — (*with gen.*) considering
an-betreffen to concern, have to do with
an-bieten to offer
an-bringen to contrive, construct, make; introduce, attach, fasten to
an-dauern to continue, last; —**d,** continuous, lasting
Anden *pl.* the Andes
an-denken to remember
Andenken *n.* memory, remembrance
ander other, different
andererseits *or* **anderseits** on the other hand
ändern to change, alter, vary
andernfalls otherwise
anders otherwise, differently; else; —**wo** elsewhere; —**wohin** to some other place
anderthalbmal one and one-half times

Änderung *f.* change, alteration; improvement
anderweitig other, various; *adv.* elsewhere
an-deuten to indicate, outline
aneinander to *or* on one another *or* each other
aneinander-haften to stick *or* cling together
aneinanderstoßend neighboring, adjacent
Anekdote *f.* anecdote
Anerbietung *f.* offer, proposal
an-erkennen to recognize
anerkennenswert remarkable, noteworthy
Anerkennung *f.* recognition
an-fachen to blow upon, fan
Anfahrtsignal' *n.* operating signal
Anfang *m.* ¨**e**, beginning; —**s-buchstabe** *m.* **-n**, initial
an-fangen to begin
Anfänger *m.* —, beginner
anfänglich beginning, first
anfangs at first, in the beginning
Anfeindung *f.* persecution
an-fertigen to make, manufacture
Anforderung *f.* requirement, demand
an-füllen to fill
Angabe *f.* statement; information; reading, summary
an-geben to give, state, cite, indicate
Angebot *n.* **-e**, offer, bid
an-gehen to approach; apply to, concern
an-gehören to belong to
angehörig belonging to
Angelegenheit *f.* affair, concern, cause
Angelpunkt *m.* **-e**, pivot
angemessen proportionate to, suitable to; appropriate, proper
angenähert approximate
Angestellte(r) *m.* employee
an-greifen to attack, take hold of
angrenzend adjoining
Angriff *m.* **-e**, attack; **in — nehmen** to take in hand, attack; begin
ängstlich anxious, scrupulous
an-halten to last, continue; stop
Anhang *m.* appendix, addendum
an-hängen to hang up, suspend, adhere
Anhänger *m.* —, adherent, disciple
Anhäufung *f.* accumulation
an-heben to begin to lift, lift
anheim-fallen to fall to one's share *or* lot, fall prey to; **der Vernichtung —**, be destroyed
an-hoffen to hope for
an-kämpfen to contend against
Ankauf *m.* ¨**e**, purchase; sale
an-kaufen to buy, buy up
Anker *m.* —, anchor, armature; —**draht** *m.* ¨**e**, armature wire; —**kern** *m.* armature core; —**reaktion'** *f.* armature reaction; —**rückwirkung** *f.* armature reaction; —**spule** *f.* armature coil; —**strom** *m.* armature current; —**welle** *f.* anchor, shaft; —**wickelung** *f.* armature winding
Anklang *m.* accord

an-kommen to arrive; **auf etwas** — to be a question of, depend
Ankömmling *m.* **-e,** newcomer
Ankündigung *f.* announcement
Anlage *f.* construction, job; equipment, establishment, plant; **—kosten** *pl.* cost of construction
an-langen to arrive at, reach
Anlaß *m.* **¨-e,** cause, occasion; **—widerstand** *m.* **¨-e,** starting resistance; rheostat for starting a motor
anläßlich *prep.* on the occasion of, because of
an-legen to put on, attach, apply; construct, plan
Anlegung *f.* application, construction
Anleitung *f.* guidance
an-liegen to adjoin, be contiguous to
an-muten to charm; seem
annähernd approximate
Annäherung *f.* approach, approximation, bringing near
Annahme *f.* assumption, acceptance, hypothesis
Anna'len *pl.* annals
an-nehmen to assume, accept, take; **sich** — (*with gen.*) interest oneself in
Annonce *f.* advertisement; **—nkampagne** *f.* advertising campaign
annoncieren to announce
Annoncierung *f.* advertisement
Anode *f.* anode
an-ordnen to arrange
Anordnung *f.* arrangement
anorganisch inorganic
anormal' abnormal
an-passen to accommodate, adjust; suit, be adapted to
Anpassung *f.* adjustment, adaptation; **—sfähigkeit** *f.* adaptability
Anpflanzung *f.* plantation
Anpreisung *f.* eulogy, praise
an-pressen to press against
Anrechnung *f.* account; **in — bringen** to put to account, make a charge for
an-reden to address
Anregung *f.* stimulation, impulse
an-richten to serve; **Schaden** — to do harm
an-sammeln to gather
Ansatz *m.* **¨-e,** piece added *or* adjoined; appendage; arrangement; **—rohr** *n.* **-e,** tube (*that is fastened to or affixed*)
an-schaffen to procure, supply
Anschauung *f.* idea, view, conception
Anschein *m.* **-e,** appearance; **den — haben** to appear, seem
anscheinend seemingly
Anschlag *m.* **¨-e,** poster, bill; **—säule** *f.* advertising pillar *or* column
an-schlagen to strike, hit
an-schließen to join, ally, connect, add; **sich** — to be joined to, harmonize well with
Anschlußklemme *f.* binding post terminal
an-schmiegen to cling to
an-sehen to look at, regard, perceive by looking at
ansehnlich imposing, considerable

Ansicht *f.* view, opinion
an-siedeln to settle, locate
an-spannen to tighten, strain
an-sprechen to address; claim; consider; act
Anspruch *m.* ¨**e,** claim, requirement, demand; **in — nehmen** to engage, claim, take, demand, make use of; **Ansprüche stellen to make** demands
Anstand *m.* propriety; **— nehmen** to think twice before doing something, hesitate
anständig decent, proper
an-staunen to gaze at wonderingly
an-steigen to ascend, mount, climb
an-stellen to arrange, perform, make
an-stoßen to strike against; **—d,** adjacent
an-streichen to touch, strike; paint
Anstrengung *f.* application, exertion, effort
an-stürmen to charge
an-tasten to touch, attack
Anteil *m.* **-e,** part, portion, share; **— nehmen** to take part in
Anthrazit'kohle *f.* anthracite coal
antik' antique, ancient
Antillenmeer *n.* Caribbean Sea
an-treiben to drive, propel
Antrieb *m.* impulse, drive, operation; **—sglied** *n.* driving gear; **—smaschine** *f.* driving machine, propelling engine, motor
Antwort *f.* answer, reply
antworten to answer, reply
an-wachsen to grow, increase
an-weisen to direct, refer; **auf etwas angewiesen sein** to be dependent upon
anwendbar applicable, practical
an-wenden to turn to, apply, use
Anwendung *f.* application, use; **—sbereich** *n. or* **—sgebiet** *n.* **-e,** field of application
Anwesenheit *f.* presence
Anzahl *f.* number
Anzapfturbi'ne *f.* tap- *or* box-turbine
an-zeichnen to mark
Anzeige *f.* advertisement, announcement
an-zeigen to indicate
Anzeiger *m.* indicator
an-ziehen to attract, draw, pull
Anziehung *f.* attraction; **—skraft** *f.* ¨**e,** attractive force
Anzug *m.* ¨**e,** clothing, suit
Apparat' *m.* **-e,** apparatus, contrivance
April *m.* April
Äquator *m.* equator
Äquivalent *n.* **-e,** equivalent
Ara'ber *m.* —, Arab
Arbeit *f.* work, labor; theme, article; **—sameise** *f.* work ant; **—säquivalent'** *n.* equivalent of work, work equivalent; **—seinheit** *f.* unit of work; **—senergie'** *f.* work energy; **—serzeugung** *f.* performance of work; **—sfähigkeit** *f.* efficiency, ability to do work; **—sgebiet** *n.* **-e,** sphere of action, field of

work; —**sgenosse** *m.* -n, fellow workman, co-worker; —**sgeschwindigkeit** *f.* working speed; —**skraft** *f.* working strength; —**sleistung** *f.* performance of work, work performed; —**smaschine** *f.* machine, work engine; —**smenge** *f.* amount of work; —**splatz** *m.* work-place; —**sreich** active, strenuous; —**steilung** *f.* division of labor; —**stier** *n.* -e, work animal, worker; —**sverfahren** *n.* working methods; —**sverhältnis** *n.* -se, working condition; —**sweise** *f.* working method, manner of operation; —**swert** *m.* work(ing) value; —**szylinder** *m.* —, work(ing) cylinder

arbeiten to work, labor, perform

Arbeiter *m.* —, workman, worker; —**frage** *f.* labor question; —**schaft** *f.* working class, workmen; —**streik** *m.* -s, strike

Arch., Architektur' *f.* architecture

Archimedisch of Archimedes

Architekt' *m.* -en, architect

architekto'nisch architectural

Archiv' *n.* -e, archives, records

Argument' *n.* -e, argument

argwöhnisch suspicious

arithmetisch arithmetical

arm poor, thin, weak

Arm *m.* -e, arm; bar

Armierung *f.* arming; equipment

Art *f.* kind, species, nature; method, manner, way

Artikel *m.* —, article

Arzt *m.* ¨-e, doctor, physician

ärztlich medical

Aschkasten *m.* ash box

asiatisch Asiatic

Ast *m.* ¨-e, branch, fork

astatisch (*frei vom Erdmagnetismus*) astatic

Astronomie' *f.* astronomy

at., Atmosphäre atmosphere

atemlos breathless

Atemzug *m.* breath, gasp

Äther *m.* ether; —**bewegung** *f.* movement of the ether; —**teilchen** *n.* —, ether particle

Äthylen' *n.* ethylene (C_2H_4)

Atlantik *m.* Atlantic Ocean

atlantisch Atlantic

atmen to breathe

Atmosphäre *f.* atmosphere

atmosphärisch atmospheric

Atmung *f.* respiration

Atom' *n.* -e, atom; —**gewicht** *n.* -e, atomic weight; —**theorie'** *f.* atomic theory; -**wärme** *f.* atomic heat

atom'bindend atom combining

atomistisch, atomic

auch also, too, even, ever; **wenn** — even if

Auditorium *n.* audience

auf, on, upon, to, as to, in, for

Aufbau *m.* erection, construction, synthesis superstructure

auf-bauen to build up, construct

auf-bäumen (sich) to rear, spring up

auf-bewahren to keep, preserve

Aufbewahrungsort *m.* -e, warehouse

auf-bieten to levy, call out
auf-blasen to inflate
auf-bringen to capture; introduce
auf-decken reveal, disclose
auf-drängen to force *or* impress upon
auf-drücken to impress, stamp
aufeinander upon one another *or* each other
Aufeinanderfolge *f.* succession
Aufenthalt *m.* residence, dwelling; sojourn, stay
auf-fallen to fall upon, strike; **—d,** strange, striking, curious; incident
auffällig striking, remarkable
auf-fangen to gather, collect
auf-fassen to conceive, understand
Auffassung *f.* conception, idea
auf-finden to find, discover
auf-flammen to blaze up, light
auf-fordern to invite, provoke
auf-führen to build, erect; perform; specify
Aufgabe *f.* task, problem
auf-geben to give up, abandon
auf-hängen to hang, suspend
Aufhängepunkt *m.* **–e,** point of suspension
auf-heben to lift; neutralize, remove, keep
auf-horchen to listen
auf-hören to cease, stop
Aufhören *n.* cessation, end
auf-kaufen to buy up
Aufklärung *f.* explanation, reconnoitering
auf-laden to load
Aufl., Auflage *f.* edition
auf-legen to lay on; set up
Auflehnung *f.* insurrection
auf-leuchten to flash up
auf-lockern to loosen, shake up
auf-lösen to dissolve
Auflösung *f.* solution; **—sgeschwindigkeit** *f.* velocity of solution
aufmerksam mindful, attentive; **— machen** to call one's attention to
Aufmerksamkeit *f.* attention
auf-montieren to set up
Aufnahme *f.* admission, reception; **—fähigkeit** *f.* absorption capacity
aufnahmefähig receptive
auf-nehmen to take up, absorb, contain, accept, admit
aufrecht upright, erect; **— (er)halten** to maintain
auf-regen to excite, stimulate
auf-reiben to annihilate
auf-sammeln to collect, store up
Aufsatz *m.* **¨e,** article, essay
auf-saugen to suck up, absorb
auf-schichten to pile up
auf-schlagen to set up, erect
auf-schneiden to cut (up), split
auf-schrauben to screw on
auf-schreiben to write down
Aufsehen *n.* surprise, noise; **— machen** to create a sensation
auf-setzen to raise, hoist up
Aufsicht *f.* inspection, supervision
auf-speichern to store up
auf-springen to jump on
auf-spüren to hunt up, track
Aufstand *m.* **¨e,** revolution, uprising
auf-stapeln to store up
auf-stehen to stand up, rise
auf-steigen to ascend; strike

auf-stellen to set up, establish, construct
Aufstellung *f.* setting up, erection, establishment, building
auf-streben to aspire
auf-suchen to search for, seek, hunt for
Auftakt *m.* inspiration, stimulation
auf-tauchen to rise, appear
auf-tauen to thaw, melt
Auftrag *m.* ¨**e,** order
auf-treten appear; occur
Auftrieb *m.* buoyancy.
auf-walzen to put *or* roll on a roller *or* cylinder
aufwärts upward
auf-weisen to point to, exhibit, present
auf-wenden to spend, devote; waste
auf-werfen to raise
auf-zeichnen to sketch, note
Aufzeichnung *f.* note, chronicle; noting, sketching
auf-ziehen to draw up, wind up
Aufziehung *f.* rearing, breeding
Aufzug *m.* ¨**e,** elevator; —**s-maschine** *f.* elevator machine *or* engine
auf-zwingen to force upon
Auge *n.* **-n,** eye; **vor —n halten** to consider; —**nblick** *m.* **-e,** instant, moment
augenblicklich just now, at present
Aureole *f.* aureole
aus-arbeiten to work out, elaborate
aus-bauen to finish; develop
ausbau: —**fähig** capable of development; —**würdig** worth developing
Ausbeulung *f.* hump, swelling
Ausbeute *f.* output, yield
aus-beuten to work (*mine*)
Ausbeutung *f.* cultivation, development
ausbeutungsfähig worth mining, able to be mined
aus-bilden to form, develop, educate; perfect
Ausbildung *f.* formation, education, training, development
aus-blasen to blow out, cease blowing
aus-bleiben to stay away; be lacking
aus-brechen to break out
aus-breiten to extend, spread out, diffuse
Ausbreitung *f.* diffusion, circulation
ausbrennen to burn out; **ausgebrannt** extinct
Ausbruch *m.* outbreak
Ausdehnbarkeit *f.* expansibility
aus-dehnen to expand, extend; **ausgedehnt** extensive, large
Ausdehnung *f.* expansion, extension, extent; —**skoeffizient'** *m.* **-en,** coefficient of expansion
aus-denken to devise, contrive, conceive
aus-drehen to turn (out)
Ausdruck *m.* ¨**e,** expression; —**sweise** *f.* mode of expression; expression
aus-drücken to express, state
ausdrücklich express, special
auseinander asunder, apart; —**gehen** to separate; —**halten** to keep separate *or* distinct

Ausfall *m.* deficit; result; —**s-tor** *n.* gate of exit; —**swinkel** *m.* —, angle of reflection
aus-fallen to fall out; turn out, result
aus-fechten to fight out
aus-fließen to flow out
Ausfluß *m.* ¨**-e**, outflow, discharge
aus-forschen to look for
ausführbar practicable, achievable
aus-führen to lead out; execute, make, perform, erect; state
ausführlich in detail, ample
Ausführung *f.* execution, erection, performance, making, development
aus-füllen to fill out, fill (up)
Ausgabe *f.* expense, expenditure; —**nbudget** *n.* budget of expenditures
Ausgang *m.* ¨**-e**, exit, end, close; —**spunkt** *m.* starting point, beginning
ausgebrannt *see* **ausbrennen**
aus-gehen to go out, proceed; run short, fail
ausgesprochen *see* **aussprechen**
aus-gestalten to form, shape
Ausgestaltung *f.* formation, state of affairs, perfection
ausgezeichnet *see* **auszeichnen**
ausgiebig abundant
aus-gleichen to equalize, neutralize
Ausgleichung *f.* equalization
aus-gleiten to slip, miss one's footing
aus-halten to hold out, endure, withstand; continue
Aushilfsmaschine *f.* auxiliary machine
aushilfsweise temporarily
aus-höhlen to hollow out; wear away
aus-kommen to come out, emerge; to manage, live
Auskommen *n.* livelihood
Auskragung *f.* support, corbeling
Auskunft *f.* ¨**-e**, information
Ausladung *f.* unloading
Auslage *f.* outlay, expenditure
Ausland *n.* ¨**-er**, foreign country; **ins** — abroad
aus-lesen to select, pick
aus-löschen to extinguish, obliterate
aus-lösen to loosen, set free; excite
aus-machen to amount to; constitute
Ausnahme *f.* exception; —**fall** *m.* ¨**-e**, exceptional case
ausnahms: —**los** without exception; —**weise** by way of exception, in exceptional cases
aus-nehmen to take out, except
ausnutzbar capable of development, able to be utilized
aus-nutzen to utilize, make the most of, develop
Ausnutzung *f.* utilization; —**s-fähigkeit** *f.* capability of being developed, possibility of development
ausnutzungsfähig utilizable, capable of development
aus-pressen to press (out)
aus-probieren to try out, test thoroughly
Auspuff: —**dampf** *m.* exhaust

steam; —**gas** *n.* -**e**, exhaust gas; —**kessel** *m.* exhaust boiler; —**leitung** *f.* exhaust pipe
aus-pumpen to pump out
aus-reichen to suffice; —**d**, sufficient
aus-rüsten to equip, provide
Ausrüstung *f.* equipment
aus-sagen to finish by saying, state
aus-saugen to exhaust, bleed
Ausschachtung *f.* excavation
aus-schalten to dispense with, displace; disconnect, break the circuit of
Ausschalten *n.* cutting out, switching out
Ausschaltung *f.* disconnection
aus-scheiden to separate, liberate, excrete, secrete; **sich** — to be liberated, freed, precipitated
Ausscheidung *f.* separation, precipitation
Ausschlag *m.* ¨-**e**, deflection, turn, divergence; **den** — **geben** to turn the scale, be a decisive factor
aus-schlagen to beat out; decline; unfold, flatten out
aus-schließen to shut out, exclude
ausschließlich exclusive(ly)
Ausschluß *m.* exclusion
aus-schmelzen to melt (out); fuse
aus-schmücken to embellish
aus-sehen to appear, look
Aussehen *n.* appearance
aus-senden to send forth, emit
außen outside; **nach** — outward
Außenrand *m.* outside rim
außer except, besides; —**dem** moreover, besides; —**gewöhnlich** extraordinary, unusual; —**halb** outside of; —**ordentlich** extraordinary
äußer outer, external
Außerdienststellung *f.* putting out of commission *or* service
Äußere *n.* exterior
äußerlich external
äußern to manifest, express
äußerst outermost, utmost; extreme; exceedingly
aus-setzen to expose; present
Aussicht *f.* view, prospect
aussichtgewährend promising
aussichts: —**los** without prospects, hopeless; —**reich** rich in prospects, promising
aus-spannen to stretch out
Aussprache *f.* pronunciation; discussion
aus-sprechen to state, say; **ausgesprochen** pronounced, heavy
aus-statten to equip; endow
Ausstattung *f.* equipment
aus-steigen to get off, land
aus-strahlen to radiate, emit
Ausstrahlungsvermögen *n.* radiating capacity
aus-strecken to stretch *or* throw out
Austausch *m.* barter, exchange
aus-tauschen to exchange
aus-treten to go out of, escape, emerge
aus-üben to practise, perform, exert
aus-wachsen (**sich**) to develop fully
aus-wählen to select, choose

Auswanderer *m.* —, emigrant
aus-wandern to (e)migrate
aus-wechseln to exchange; repair
aus-weichen to avoid, evade, dodge
aus-weisen (sich) to prove one's claims
aus-werfen to put aside; allow
aus-zahlen to pay
aus-zeichnen (sich) to distinguish oneself, be conspicuous, excel; **ausgezeichnet** excellent
aus-ziehen to migrate, leave
Automat' *m.* automaton
Automobil' *n.* **-e,** automobile
Aviatik *f.* aviation
Azetylen' *n.* acetylene (C_2H_2)

B

Ba., Baryum *n.* barium
backen to bake
Bagatell'schaden *m.* ¨, small *or* petty injury
Bagger *m.* —, dredge
Bahn *f.* track, path, road, course, orbit, railroad; —**damm** *m.* ¨**e,** track embankment; —**steig** *m.* **-e,** platform; —**strecke** *f.* stretch of track; —**system'** *n.* **-e,** railway system; —**zug** *m.* ¨**e,** train
bahnbrechend opening the way, (as a) pioneer
Bahnhof *m.* ¨**e,** railway station; —**sanlage** *f.* station's foundation; —**sbau** *m.* station building
Balancier' *m.* **-s,** balance beam
balancieren to balance
bald soon; — . . . —, now . . . now
baldig speedy, early
Balkenlage *f.* framing of joists, beams
Balkon' *m.* **-e,** balcony
Bambusfaser *f.* bamboo fiber
Band *m.* ¨**e,** volume
Bankwesen *n.* banking
Barock'gebäude *n.* quaint building; building in rococo style
Base *f.* base
basieren to base, found
Basis *f.* (*pl.* **Basen**) basis
Batterie' *f.* battery
Bau *m.* (*pl.* **Bauten**) structure, making, construction; dwelling; —**art** *f.* structure, style of architecture, style, manner of construction; —**gewerbe** *n.* —, building trade; —**holz** *n.* ¨**er,** lumber; —**instinkt'** *m.* building instinct; —**kosten** *pl.* cost of building; —**kunst** *f.* ¨**e,** architecture; —**künstler** *m.* —, architect; —**leitende(r)** superintendent of construction, foreman; —**material'** *n.* **-ien,** building material; —**meister** *m.* architect; —**platz** *m.* ¨**e,** building site; —**polizei'** *f.* building commission; —**sinn** *m.* architectural sense; —**stein** *m.* **-e,** building stone; —**stelle** *f.* building site; —**stil** *m.* style of architecture; —**stoff** *m.* building *or* construction material; —**tätigkeit** *f.* building activity; —**weise** *f.* building method, style of architecture, manner of construc-

tion; —**werk** *n.* -**e**, structure, building; —**wesen** *n.* building, architecture; —**zeit** *f.* (length of) time of construction
bauausführend building, construction
bauen to build, construct
Bauer *m.* -**n**, peasant, farmer; —**nstand** *m.* peasantry
Baulichkeit *f.* structure
Baum *m.* ¨-**e**, tree
Baumwoll: —**bau** *m.* cotton growing; —**e**, *f.* cotton; —**verarbeitung** *f.* working up of cotton
Baute *f.* building, structure
Bazille *f.* bacillus
Bd., Band volume
beachten to heed, notice
beachtenswert worthy of consideration, remarkable
Beachtung *f.* consideration
Beamte *m.* -**n**, official, employe
beanlagt: **gut** — highly gifted
beanspruchen to claim, require, make demands on
Beanspruchung *f.* claim, demand, requirement; —**sverhältnisse** *n. pl.* load conditions, working conditions
beantworten to answer (to)
bearbeiten to work; elaborate; manufacture
Bearbeiter *m.* worker
Bearbeitung *f.* working
beauftragen to commission, authorize
bebauen to build upon
Bebauungsraum *m.* building space
Becherglas *n.* ¨-**er**, glass, tumbler
Bedarf *m.* demand, requirement
bedecken to cover
bedenken to reflect, consider
Bedenken *n.* —, consideration, objection, doubt
bedenklich serious; considerable
bedeuten to mean, signify; —**d**, important, considerable, remarkable
bedeutsam significant
Bedeutung *f.* importance, meaning, significance
bedeutungslos unimportant, insignificant
bedienen to serve, work; **sich einer Sache** — to make use of something
Bedienung *f.* service, attendance, operation
bedingen to limit, restrict, presuppose, stipulate, determine; cause; involve
Bedingung *f.* condition, stipulation
bedrohen to threaten
bedürfen (*with gen.*) to need, have need of, require
Bedürfnis *n.* -**se**, want, need, demand
beeilen (sich) to hasten
beein'flussen to influence
beeinträchtigen to impair
beenden to finish, terminate
Beendigung *f.* finishing, conclusion, termination
befähigt qualified, capable
befassen (sich) to be concerned with, occupy oneself with
Befehl *m.* -**e**, command; —**shaber** *m.* —, commander
befestigen to fasten, fix

Befestigung *f.* strengthening, fastening
befeuchten to wet, moisten
befinden to find; **sich** — to be, be situated
befindlich present, being, situated
befördern to forward, convey
Beförderung *f.* conveyance; **—smittel** *n.* —, means of conveyance
befragen to question, consult
befreien to set free, disentangle
befriedigen to satisfy; **—d,** satisfactory
befruchten to fructify, enrich
Befruchtungsakt *m.* fecundation
befürchten to fear
Befürchtung *f.* fear
begeben (sich) to proceed, go
begegnen to meet; run across
begehen to pass; commemorate
begehren to demand, request
begeistern to enrapture, inspire
Begeisterung *f.* enthusiasm
Beginn *m.* beginning
beginnen to begin; commence
begleiten to accompany
begnügen (sich) to be satisfied
begraben to bury
Begräbnis *n.* **-se,** burial
begrenzen to limit, bound
Begriff *m.* **-e,** idea, conception, comprehension
begriffen to be engaged in, be
begründen to found, establish, formulate
Begründung *f.* foundation; argument
begrüßen to greet, hail; welcome
begünstigen to favor, promote
behalten to keep, retain
Behälter *m.* —, receptacle, container, chamber
behandeln to treat, discuss
Behandlung *f.* treatment, discussion
beharren to lie inert, remain
Beharrungs: —vermögen *n.* force of inertia, inertia; **—zustand** *m.* state of inertia, stable condition
behauen to hew, cut
behaupten to assert, declare, pretend
Behauptung *f.* assertion
beherbergen to harbor, lodge
beherrschen to dominate, control, master
behilflich helpful
bei, at, by, with, in, in the case of
bei-behalten to keep, retain
beide both, two
beiläufig incidentally
bei-legen to add, attribute
Bein *n.* **-e,** leg
beinahe nearly, almost
beiseite-legen to lay *or* put aside
Beispiel *n.* **-e,** example, instance
beispielsweise by way of example, for example
bei-tragen to contribute
bekämpfen to fight, oppose
Bekämpfung *f.* resistance
bekannt familiar, (well) known, acquainted; **—lich** as everyone knows, as is well known
bekleiden to clothe, cover
bekommen to get, receive, obtain
beladen to load

belangreich very important
belasten to load, weight
Belastung *f.* load, strain
belecken to lick
belegen to enroll; prove; **mit einem Namen** — to give a name to
belehren to instruct, enlighten
Beleuchtung *f.* illumination; **—slinse** *f.* illuminating lens; **—sspiegel** *m.* illumination mirror
belgisch Belgian
Belieben *n.* liking, discretion, pleasure; **nach** — at will, as much as one likes
beliebig optional, any desired, at pleasure
beliebt favorite
belustigen to amuse, divert
Bemannung *f.* crew
bemerkbar perceptible, noticeable
bemerken to notice, observe, note
bemerkenswert remarkable, noteworthy
Bemerkung *f.* observation
bemittelt well-to-do
bemühen (sich) to endeavor, labor
Bemühung *f.* exertion, effort
benachbart neighboring, adjacent
beneiden to envy
benetzen to moisten, wet
benutzen *or* **benützen** to use, employ
Benutzung *f.* use, employment; **—sordnung** *f.* arrangement for the utilization of
Benzin' *n.* benzine
Benzol' *n.* benzine (C_6H_6); benzol (*commercial benzine*); **—maschine** *f.* benzine engine
beobachten to observe, notice
Beobachter *m.* observer
Beobachtung *f.* observation; **—sfeld** *n.* field of observation; **—sturm** *m.* observation tower *or* turret; **—svermögen** *n.* power of observation; **—szimmer** *n.* observation room
bequem convenient, comfortable; easy; suitable
Bequemlichkeit *f.* convenience, comfort
Beratung *f.* conference
berechnen to calculate
Berechnung *f.* calculation, plan
berechtigt justified, legitimate
beredt eloquent
Bereich *m.* **-e,** reach, sphere
Bereicherung *f.* enrichment
bereisen to travel over
bereit ready, prepared; **—stehend** awaiting
bereiten to prepare, make, cause
bereits already, previously, even
Berg *m.* **-e,** mountain, peak; **—akademie'** *f.* school of mines; **—rat** *m.* **¨-e,** mining commission, mine director; **—werk** *n.* **-e,** mine, pit; **—werksbesitzer** *m.* **—,** mine owner; **—werksbetrieb** *m.* **-e,** mining operation; **—werksdistrikt'** *m.* **-e,** mining district; **—werksgesetz** *n.* **-e,** mining law; **—werksmaschine** *f.* mine engine; **—werksunternehmung** *f.*

mining enterprise; **—wesen** *n.* mining (industry)
bergen to hide, conceal
Bericht *m.* **-e,** report, account
berichten to report, inform, give full particulars
Berieselung *f.* irrigation
Bernstein *m.* amber; **—lack** *m.* sealing wax; **—röhre** *f.* amber tube
berücksichtigen to consider
Berüchsichtigung *f.* consideration
Beruf *m.* calling, profession
berufen to call, summon; *p.p.* qualified, capable
beruhen to rest, be founded; **auf sich — bleiben** be left alone, be left as it is
beruhigen to calm, quiet
berühmt famous
berühren to touch; to affect a person, strike
Berührung *f.* contact, touch; **—selektrizität** *f.* voltaic electricity, galvanism; **—sstelle** *f.* point of contact
Besatzung *f.* crew
beschädigen to damage, injure
Beschädigung *f.* injury, damage
beschaffen to procure; constitute
Beschaffenheit *f.* constitution, quality, nature
beschäftigen (sich) to occupy oneself, work at, be busy, be concerned, be employed
Beschäftigung *f.* occupation, work
Beschauer *m.* —, spectator
bescheiden to apportion, allot, bestow
bescheiden modest, humble
Bescheidenheit *f.* modesty
beschießen to shell
beschlagen (sich) to become coated with moisture, oxide *or* mold; tarnish
beschleunigen to accelerate, hasten
beschließen to resolve, decide
Beschluß *m.* **¨-e,** resolution
beschränken to limit, confine, restrict
Beschränkung *f.* restriction, limitation
beschreiben to describe
Beschreibung *f.* description
beschreiten to walk on; cover; pass over
beschweren to weight, load
beseelen to inspire, animate
beseitigen to lay aside, remove; remedy
besetzen to fill, crowd, occupy, seize
Besetzung *f.* filling; occupation; operating
besichtigen to inspect
besiedeln to colonize
Besiegtwerden *n.* being conquered
besinnen (sich) to reflect
Besitz *m.* **-e,** possession
besitzen to possess, own, have
besonder especial, particular, separate, peculiar
besonders especially
besorgen to perform, do, take care of
Besorgnis *f.* **-se,** fear, concern
besprechen to discuss, review
Besprechung *f.* discussion, review
besser better

best best; **am —en** best
beständig stable, durable, continual, constant
Bestandteil *m.* **–e,** constituent part, ingredient
bestätigen to confirm, prove
Bestätigung *f.* verification
bestechen to stitch; fascinate
bestehen to exist; consist; meet; — **aus** to consist of
Bestehen *n.* existence; **das — eines Examens,** the passing of an examination
besteigen to ascend; go on board
bestellen to order
bestimmen to induce, determine, arrange, decide; ascertain; **bestimmt** definite, fixed, certain; appointed
Bestimmung *f.* determination, decision; analysis; mission; measurement; **—sort** *m.* **–e,** destination
bestrafen to punish
bestrahlen to shine upon, (ir)radiate
bestreben to strive, endeavor; **bestrebt sein** to endeavor; try
Bestreben *n.* —, tendency, endeavor
bestreuen to cover, sprinkle
Besuch *m.* **–e,** visit, attendance
besuchen to visit, attend
Besucher *m.* —, visitor
betätigen to work, test, prove
Betätigung *f.* manifestation; exercise; operation
Beton' *m.* **–s,** concrete; **—block** *m.* **¨e,** block of concrete
betonen emphasize
betr., betreffend concerned, in question
Betracht *m.* consideration, account
betrachten to consider, observe, regard
beträchtlich considerable
Betrachtung *f.* consideration, observation, view
Betrag *m.* **¨e,** amount, sum
betragen to amount to
betrauen to confide, entrust
betreff: in — in regard to
betreffen to concern, relate to; **—d,** concerned, respective, in question
betreiben to manage, work, drive, operate, carry on
betreten to step upon
Betrieb *m.* **–e,** work, operation, action; business, traffic; **in —nehmen** to open up, put in operation; **—sdampfmaschine** *f.* operating machine; **—skosten** *pl.* operating expenses; **—skraft** *f.* **¨e,** driving power; **—sleiter** *m.* —, manager, foreman; **—smittel** *n.* working *or* operating medium; **—sstillstand** *m.* suspension of operation, stopping of business; **—sverlust** *m.* **–e,** loss in operation; **—sverlustversicherung** *f.* insurance for operating loss
betriebsbrauchbar of practical utility, practicable
betriebsfähig capable of operation, operable
betriebssicher reliable (*as to operation*), dependable
betrüben to grieve, distress
betrügerisch deceitful

Bett *n.* **-en,** bed
beurteilen to estimate, judge
Beurteilung *f.* judging, judgment
Bevölkerung *f.* population; **—sschicht** *f.* class of people, caste
bevor before
bevor-stehen to await
bevorzugen to prefer, favor
bewaffnen to arm, equip
bewahren to guard, secure
bewähren (sich) to stand the test, hold up
bewältigen to accomplish, manage, overcome
Bewältigung *f.* accomplishment, management
Bewässerungszweck *m.* **-e,** irrigation purpose
bewegen to move, set in motion
beweglich movable, mobile
Beweglichkeit *f.* mobility
Bewegung *f.* motion, movement; **—serscheinung** *f.* phenomenon of motion; **—skraft** *f.* **¨-e,** motion force, power developed by movement; **—srichtung** *f.* direction of motion *or* movement **—szustand** *m.* state of motion
Beweis *m.* **-e,** proof
beweisen to prove, show
bewerten to estimate, evaluate
bewickeln to wrap, wind around
Bewickelung *f.* winding
bewilligen to grant, concede
Bewilligung *f.* approval, concession
bewirken to effect, bring about, cause
bewohnen to inhabit, occupy
bewundern to admire
bewundernswert marvelous
Bewunderung *f.* admiration; wonder
bewunderungswert wonderful
bewußt conscious
bez., beziehungsweise respectively *or* as the case may be
bezahlen to pay, pay for
bezeichnen to mark, label, designate, signify
Bezeichnung *f.* designation, characterization
beziehen to procure, order; **sich — auf** refer to, relate to, reduce to
Beziehung *f.* relation, regard, respect, reference
Bezug *m.* **¨-e,** reference, respect; **in bezug auf** with respect to
bezüglich *prep. w. gen.* respecting, regarding
Bezugsquelle *f.* source of supply
bezw., beziehungsweise respectively, or as the case may be
bezweifeln to doubt
Bibliothek' *f.* library
biegen to bend, curve
Biegestelle bending point
biegsam pliant, flexible
Biene *f.* bee
Bier *n.* **-e,** beer
Bierbrauerei *f.* brewery
bieten to offer, afford
Bilanz' *f.* balance
Bild *n.* **-er,** image, picture; concept; metaphor

bilden to form, make, cultivate, educate
bildlich pictorial, figurative
Bildung *f.* formation, culture, education
Billard'saal *m.* —**säle** billiard room
billig cheap; proper, just
binden to bind, combine
Bindung *f.* binding, fastening
Binnendruck *m.* -**e**, internal pressure
Binnenstadt *f.* ¨-**e**, inland city
Birne *f.* pear; bulb
birnenförmig pear-shaped, pyriform
bis till, until, to, as far as; —**her** heretofore, up to now; —**herig** up to now, previous; —**weilen** sometimes
bißchen a little, a little bit
Bitte *f.* request
bitten to beg, request
Bittersalz *n.* Epsom salt, magnesium sulphate ($MgSO_4$); —**lösung** *f.* solution of Epsom salts
blank shining, bright
Blasebalg *m.* ¨-**e**, bellows
blasen to blow, sound
Blasiert'heit *f.* indifference
Blatt *n.* ¨-**er**, leaf, sheet; —**elektroskop'** *n.* leaf electroscope; —**laus** *f.* ¨-**e**, plant louse
Blättchen *n.* —, little leaf, leaflet
blau blue; —**grün** bluish green
Blech *n.* -**e**, sheet, plate, tin-plate
Blei *n.* lead (Pb); —**glätte** (*gelblich-rotes Bleioxyd*) *f.* litharge; —**lot** *n.* -**e**, plumb line; —**platte** *f.* lead plate *or* sheet; —**stift** *m.* -**e**, pencil
bleiben to remain, stay; **bei etwas** — stick to, continue; —**d**, lasting, enduring
bleich pale, light
blenden to blind, dazzle
Blick *m.* -**e**, look, glance
blicken to glance, look
Block *m.* ¨-**e**, block, boulder
blockieren to blockade
bloß, bare, mere, sole
Bloßstellung *f.* exposure
Blume *f.* flower
Blüte *f.* blossom; vigor; perfection
blutig bloody
Boden *m.* ¨-, ground, soil; floor, bottom, base; —**beleuchtung** *f.* floor *or* ground illumination; —**druck** *m.* ¨-**e**, bottom pressure; —**ertrag** *m.* produce of the soil; —**fläche** *f.* soil surface, ground area; —**körper** *m.* —, deposit, sediment; —**preis** *m.* -**e**, price of land
bodenständig soil-bound
Bogen *m.* ¨-, curve, arch, arc; —**lampe** *f.* arc lamp; —**lampenbeleuchtung** *f.* arc-lamp illumination; —**licht** *n.* -**er**, arc light
Böhme *m.* -**n**, Bohemian
Bohne *f.* bean; —**nfeld** *n.* -**er**, bean field; —**nkultur'** *f.* cultivation of beans, bean raising; —**nsortierer** *m.* —, bean sorter
Bohrarbeit *f.* boring, drilling
bohren to bore, drill
Bohrmaschine *f.* boring *or* drilling machine
Bohrung *f.* boring, borehole
Bolzen *m.* —, bolt

bombardieren to bombard
Boot *n.* **-e,** boat
Boraxperle *f.* borax pearl
Borsäure *f.* boric acid (H_3BO_3)
Börse *f.* purse, Exchange; **—nwesen** *n.* exchange, brokerage
Brand *m.* **¨e,** fire, flame
brandschatzen to plunder
braten to roast, bake
Brauch *m.* **¨e,** custom
brauchbar useful, practical; practicable, serviceable
brauchen to need, require; use
Braunsteinstück *n.* **-e,** piece of manganese dioxide (MnO_2)
brav honest, brave
brechbar refrangible
Brechbarkeit *f.* refrangibility
brechen to break, destroy
Brechung *f.* breaking, refraction
breiartig pulpy, pasty
breit broad, wide
Breite *f.* breadth, latitude
Breitseite *f.* broadside, side.
Brems *m.* brake; **—backe** *f.* brake clamp; **—klotz** *m.* **¨e,** brake block, brake shoe; **—kolben** *m.* brake piston; **—scheibe** *f.* brake disk; **—versuch** *m.* **-e,** brake experiment; **—zylinder** *m.* **—,** brake cylinder
Bremse *f.* brake
bremsen to brake, apply the brakes, stop
Bremsung *f.* braking, stopping, applying of brakes
brennbar combustible
Brenn: —dauer *f.* duration of burning; **—glas** *n.* **¨er,** burning glass; **—holzproduktion'** *f.* fuel- *or* fire-wood production; **—material'** *n.* fuel; **—punkt** *m.* **-e,** burning point, focus; **—spiegel** *m.* burning mirror; **—stunde** *f.* combustion hour, combustion of one hour's duration; **—weite** *f.* focal length; **—wert** *m.* value as fuel, fuel value
Brennstoff *m.* **-e,** fuel; **—energie'** *f.* fuel energy; **—förderung** *f.* fuel output, coal output; **—konsum'** *m.* fuel consumption; **—lager** *n.* **—,** coal vein, fuel *or* coal deposit; **—produktion'** *f.* fuel production
Brett *n.* **-er,** board, plank
Brief *m.* **-e,** letter; **—öffnungsmaschine** *f.* machine for opening letters; **—verschlußmaschine** *f.* machine for sealing letters
Brille *f.* spectacles
Brinell *name of a scientist*
bringen to bring; **etwas zuwege —** effect, accomplish; **es mit sich —** necessitate
bröckelig brittle, crumbling
Brom *n.* bromine (Br)
Bronze *f.* bronze
Brosch'üre *f.* pamphlet
Brot *n.* bread
Bruch *m.* **¨e,** fracture, crack, breaking; **—festigkeit** *f.* rigidity, strength; **—grenze** *f.* maximum pressure resistance; **—stück** *n.* **-e,** fragment; **—teil** *m.* **-e,** fraction
brüchig brittle, cold-short
Brücke *f.* bridge

brummen to hum, buzz
Brunnenwasser *n.* well *or* spring water
Brust *f.* breast; heart
Brut *f.* brood
Buch *n.* ¨**er**, book
Buchdruck *m.* printing of books, book-printing
Buchdruckereimaschine *f.* book-printing machine; —**n-anlage** *f.* book-printing machine equipment, printing establishment
Büchse *f.* tin can
Buchstabe *m.* **-n**, letter; —**n-bezeichnung** *f.* letter designation
Bug *m.* ¨**e**, bow (*of a ship*)
Bügel *m.* —, bent piece of wood *or* metal; bow
Bund *m.* ¨**e**, union, federation
Bündnis *n.* **-se**, alliance
Bunsen: —**flamme** *f.* Bunsen flame; —**brenner** *m.* Bunsen burner
bunt variegated, mixed
Bureau' *n.* **-s**, office; — **arbeit** *f.* office work; —**raum** *m.* ¨**e**, office room
Bürgerstand *m.* middle classes
Bürgersteig *m.* **-e**, sidewalk
Bürste *f.* brush; —**nabstand** *m.* ¨**e**, distance between brushes; —**nreihe** *f.* row *or* series of brushes; —**nverschiebung** *f.* shifting *or* rearrangement of brushes
Bussole *f.* compass
Byzantinertum *n.* byzantinism
bzw., beziehungsweise respectively *or* as the case may be

C

C., Carbonicum (*Kohlenstoff*) carbon
ca., cirka (*zirka*) approximately
cal., Kalorie' calorie
cbkm., Kubikkilometer *m.* cubic kilometer
cbm., Kubikmeter *m.* cubic meter
C. G. S.-Einheit *f.* *abbreviation for* **Zentimeter-, Gramm-, Sekunden-Einheit**
chaotisch chaotic
Charak'ter *m.* **-e**, character, nature; —**isierung** *f.* characterization, description; —**istik** *f.* description
charakterisieren to characterize
charakteristisch characteristic, distinctive
Chaussee' *f.* highway
Chemie' *f.* chemistry
Chemiker *m.* —, chemist
chemisch chemical
Chile'ne *m.* **-n**, Chilian
chile'nisch Chilian
Chine'se *m.* **-n**, Chinese
chine'sisch Chinese
Chlor *n.* chlorine (Cl); —**atom** *n.* **-e**, chlorine atom; —**baryum** *n.* barium chloride ($BaCl_2$); —**gas** *n.* chlorine gas; —**natrium** *n.* sodium chloride (NaCl); —**stickstoff** *m.* nitrogen chloride (NCl_3)
Chromsäure *f.* chromic acid (H_2CrO_4)
Cie., Kompa(g)nie' *f.* company
cm., Zentimeter *m.* centimeter
cmg. gram-centimeter

Compoundierung *f.* compounding
Compoundmaschine *f.* compound machine *or* dynamo
Coulomb *n.* coulomb
Cu., Cuprum (*Kupfer*) copper
Cyan verbindung *f.* cyanide

D

da *adv.* there, here, then; *conj.* as, since, because; —**bei** thereby, therewith, incidentally, moreover; —**durch** through it, thereby, in this way; —**für** for it, for that, etc.; —**gegen** against it, on the other hand; —**her** therefore, from this; —**hin** thither, to it, so far; **bis** —**hin** before that, until then; —**malig** of that time, then; —**mals** at that time; —**mit** therewith, with it; (*conj.*) in order that; —**nach** after that, thereupon; accordingly, therefore; for this, to this end; —**von** thereof, therefrom, of them; —**vor** in front of it; from it; —**zu** thereto, for it, for that, in addition, moreover; —**zwischen** between them
Dach *n.* ¨**er,** roof
dagewesen happened, in existence
dahin-brausen to rush along
Dampf *m.* ¨**e,** vapor, steam; —**ausstoß** *m.* expulsion of steam; —**bahn** *f.* railroad; —**betrieb** *m.* steam traffic; —**druck** *m.* **-e,** vapor pressure, steam pressure; —**er** *m.* —, steamship; —**erzeugung** *f.* production *or* making of steam; —**fähre** *f.* steam ferry; —**förmig** vaporous, like vapor; —**kessel** *m.* —, (steam)boiler; —**kesselschaden** *m.* ¨, steam-boiler injury *or* mishap; —**kolben** *m.* —, (steam) piston; —**kraft** *f.* steam power; —**kran** *m.* ¨**e,** steam crane; —**maschine** *f.* steam engine; —**pumpe** *f.* steam pump; —**mühlenwerk** *n.* **-e,** steam gristmill; —**pflug** *m.* ¨**e,** steam plow; —**schaufel** *f.* steam shovel; —**schiff** *n.* **-e,** steamship; —**schifffahrts-Gesellschaft** *f.* steamship company; —**spannung** *f.* steam expansion; —**turbi'ne** *f.* steam turbine; —**turbi'nenbau** *m.* steam-turbine construction; —**turbi'nenerbauer** *m.* —, steam-turbine manufacturer; —**verbrauchziffer** *f.* figure (data) on steam consumption; —**wagen** *m.* —, steam carriage *or* car; locomotive; —**ziegelei** *f.* steam brick kiln, brick yard; —**zylinder** *m.* —, steam cylinder
Dämpfung *f.* softening, muffling
dank *prep.* thanks to, owing to
dankbar grateful, thankful
dann then; moreover
daran to it, thereby, thereon; **alles —setzen** to stake one's all
daran-hängen to hang to
darauf thereupon, afterwards, then, next, to it, on it, etc.

darauf-dringen to insist upon it
daraus therefrom, from it, from this, etc.
dar-bieten to offer, present
dar-bringen to present, offer
darin therein, in it
dar-legen to show, explain, state in detail
Darmsaite *f.* string, catgut
dar-stellen to represent, show, produce, manufacture; prove
Darstellung *f.* exhibition, description, representation;—**s-weise** *f.* style of presentation
dar-tun to prove, demonstrate
darüber (drüber) above it, overhead, concerning it
darunter (drunter) underneath, by it, by this, among them
Dasein *n.* existence
da-stehen to stand forth, stand out
daß that, so that, in order that
Datenmaterial' *n.* data material, mass of data
Dauer *f.* duration, period; —**betrieb** *m.* continuous action *or* performance; —**leistung** *f.* continuous *or* permanent performance; —**nest** *n.* **-er,** permanent nest; —**versuch** *m.* **-e,** continued experiment, long-time test
dauern to last, endure; —**d,** permanent, enduring, continuous
Daumen *m.* —, thumb
Deck *n.* **-e,** *or* **-s,** deck
Decke *f.* cover, ceiling, top
Deckel *m.* —, cover; screw cap
decken to cover
Deckung *f.* covering
Defekt' *m.* **-e,** defect
definieren to define; decide
dehnen (sich) to extend, stretch, expand
Dehnung *f.* extension, expansion
Dekampere *n.* ten-amperes
Deklination' *f.* declination
Demag *code name of a German steel corporation, that advertises as follows:* "*Demag-Bau und Lieferung leistungsfähiger Verlade- u. Transport-Anlagen*" Deutsche Maschinenfabrik A.-G., Duisburg
dem: —**entsprechend** corresponding to this, correspondingly; —**gegenüber** as opposed to that; —**nach** accordingly, therefore
Demonstration' *f.* demonstration
denkbar conceivable
denken to think; imagine, conceive
Denkweise *f.* mode *or* way of thinking
denkwürdig memorable, notable
denn for, because; then, indeed
dennoch nevertheless, however
Deplacement *n.* displacement
der, die, das *art.* the; *rel. pron.* who, which; that, this
derart such, in such a way, to such an extent; —**ig** such, so, of that kind
dergl., dergleichen such, the like; **und** — and so forth, and the like
derjenige that one, that
Derrick-Kran *m.* derrick crane

derselbe the same; he, she, it
derzeitig present, actual
deshalb therefore, for that reason
destillieren to distil
desto the, so much; **je ... — ...** the ... the
deswegen for that reason, on that account
Detail *n.* **-s,** detail
deuten to point; explain
deutlich clear, distinct
deutsch German
Deutschland *n.* Germany
Devi'se *f.* motto, device
Dezimal'zeichen *n.* decimal sign
d. h., das heißt that is, that is to say
d. i., das ist that is
Diagona'le *f.* diagonal
Diamant' *m.* **-en,** diamond
diametral' diametrical, transverse
dicht dense, close, near, compact, water-tight, air-tight
Dichter *m.* —, poet, writer
Dichtigkeit *f.* density
Dichtung *f.* tightening
dick thick, heavy; **—drähtig** heavy-wired, of heavy wire; **—flüssig** viscous, sluggish, semifluid
Dicke *f.* thickness
dida'ktisch didactic
Diebsameise *f.* robber ant
Dielektrikum *n.* dielectric, non-conductor, insulator
dienen to serve
Dienst *m.* **-e,** service, duty; **—leistung** *f.* service (rendered); **—unterbrechung** *f.* interruption in service, suspension of work
dienstbar, serviceable
diesbezüglich referring to this, appertaining hereto
dieser this; the latter
diesmal this time
diesseits on this side of
Differential'lampe *f.* differential lamp
Differenz' *f.* difference
Dimension' *f.* dimension
Ding *n.* **-e,** thing, object; **vor allen —en** in the first place, principally
Dipl. Ing. = Diplomierter Ingenieur
Diplom-Ingenieur *m.* diploma-engineer, graduate engineer
direkt' direct
dirigieren to direct
diskreditieren to discredit
dissoziieren to split up, decompose
Distrikt' *m.* **-e,** district
Disziplin' *f.* branch of knowledge, study
Divergenz' *f.* divergence
dividieren to divide
Division' *f.* division
d. J. = **dieses Jahres**
doch yet, however, after all, of course, indeed, really
Docht *m.* **-e,** wick; **—kohle** *f.* cored carbon
Dock *n.* (*m.*) **-s,** dock
Doll., Dollar *m.* dollar
Dom *m.* **-e,** cathedral
donnern to thunder
Doppel: —nadel *f.* double needle; **—schwingung** *f.* double oscillation; **—wand** *f.* **-e,** double wall
doppelt double, twofold
Dorfboot *n.* village boat

Dörfchen *n.* —, hamlet
Dorfgenosse *m.* **-n,** villager
dort there
Dozent' *m.* **-en,** university teacher *or* lecturer
dozieren to instruct, lecture
D. p. J. Dinglers polytechnisches Journal
Draht *m.* ¨**-e,** wire; **—achse** *f.* wire axis; **—ende** *n.* **-n,** end of a wire; **—glastür** *f.* wire glass door; **—haken** *m.* —, wire hook; **—länge** *f.* wire length, wire; **—querschnitt** *m.* cross section of a wire; **—rechteck** *n.* wire rectangle; **—ring** *m.* wire ring *or* circuit; **—schleife** *f.* wire knot *or* loop; **—stück** *n.* **-e,** piece of wire
drängen (sich) to crowd, push
Dreh: —bank *f.* ¨**-e,** turning lathe; **—erei** *f.* lathe work; **—rostgaserzeuger** *m.* —, rotary-grate gas producer; **—scheibe** *f.* revolving disk, turntable; **—scheibekran** *m.* turntable crane; **—strom** *m.* rotatory current; **—turm** *m.* ¨**-e,** revolving turret
drehbar capable of being revolved, turning, rotary
drehen to turn, revolve
Drehung *f.* turning, rotation; **—sachse** *f.* rotary axis, axis of rotation; **—swinkel** *m.* —, angle of rotation
Dreidecker *m.* —, three-decker
Dreieck *n.* **-e,** triangle
drei: —fach threefold, treble; **—hundertjährig** occurring every three hundred years; **—mal,** three times; **—stellig** of three places
Drillings - Tandem - Umkehr - Walzenzugmaschine *f.* trio-tandem-reversible rolling mill engine
dringen to press, penetrate; **—d,** urgent(ly)
dritt third
Drittel *n.* —, third
drohen to threaten
Drohung *f.* threat
drüben over there, yonder
Druck *m.* **-e,** pressure; print; **—erhöhung** *f.* increase of pressure; **—höhe** *f.* pressure height *or* elevation; pressure; **—luft** *f.* compressed air; **—luftantrieb** *m.* compressed-air power *or* action; **—luftbremse** *f.* air brake; **—maschine** *f.* printing machine, printing press; **—pumpe** *f.* pressure pump; **—steigerung** *f.* increase in pressure
drucken to print
drücken to press, oppress, depress, lower; **—d,** pressing, urgent
drunten down there, below
Druse *f.* druse, dregs, sediment
Dualist' *m.* **-en,** dualist
dualistisch dualistic
dulden to tolerate, endure
dunkel dark
dünn thin, dilute, slender; **—flüssig** thinly liquid, watery
durch through, by, by means of; **—aus** throughout, thoroughly, by all means; **—einander** confusedly; **—weg** throughout, everywhere

Durchbildung *f.* perfecting, development
durch-bohren to bore through
durchbrechen to pierce
durch-brennen to burn through *or* out
durch-denken to think out, revolve in one's mind
durchdringen to penetrate, pervade
durcheilen to rush through *or* over
durchfahren to pass through, cover
Durchfahrt *f.* passage (through)
durch-fechten to fight out *or* to the finish
durchfließen to irrigate; flow through, pass through
durchführbar feasible, possible
durch-führen to execute, accomplish, carry out
Durchführung *f.* accomplishment, execution, performance
Durchgang *m.* ¨**e,** passage, passing through, transit
durch-gehen to go *or* pass through, extend from end to end
durch-kommen to come through, pass through
durchkreuzen to cross, frustrate
durch-lassen to let through, transmit
Durchlaßziffer *f.* figure for amount let through, percentage of loss
durchlaufen to pass through
Durchmesser *m.* —, diameter
durchnässen to wet through, soak
Durchquerung *f.* crossing
durch-ringen (sich) to make good, win out
durchscheinend translucent
Durchschlagskraft *f.* penetrating power
durchschneiden to cut through, intersect
Durchschnitt *m.* **-e,** average; cross section; **im** — on the average; **—sgeschwindigkeit** *f.* average speed
durchschnittlich average; *adv.* on the average
durchschwimmen to swim across
durchsetzen to pass through, hurry through
durchsichtig transparent
durchstrahlt illuminated
durchströmen to flow through
durchziehen to traverse, pass through
dürfen to be permitted, may, can; must
Dynamik *f.* dynamics
dynamisch dynamic
Dynamo *f.* **-s,** dynamo; **—maschine** *f.* dynamo (machine); **—prinzip'** *n.* dynamo principle *or* law
dynamoelektrisch electrodynamic
Dyne *f.* dyne

E

eben level, plane, smooth; *adv.* just; **—bürtig** of equal rank; **—falls** likewise; **—so** just as, so, likewise; **—solang** just as long, of equal length; **—solcher, e, es,** like, similar; **—soweit** just as far

Ebene *f.* plain; plane
Ebonit' *n.* ebonite, hard rubber, vulcanite; —**pfropf** *m.* **-e,** rubber cork; —**stab** *m.* hard-rubber rod
Echo *n.* **-s,** echo
echt genuine, real
Echtheit *f.* genuineness
Ecke *f.* angle, edge, end
Eckziffer *f.* end figure
Edisonisch *adj.* of Edison, Edison
Effekt' *m.* **-e,** effect
effektiv' effective
ehe *conj.* before; *adv.* well, conveniently; soon
Ehre *f.* honor; reputation; **etwas** (*dat.*) **zu Ehren** in honor of something
Ehren-Geldgeschenk *n.* honorary donation
Ehrgeiz *m.* ambition
ehrlich honest, reliable
Ehrlichkeit *f.* honesty, reliability
ehrwürdig venerable
Eifer *m.* zeal, eagerness
eifrig zealous, eager
eigen own, special, odd, individual; —**artig** peculiar, singular; —**s** expressly, purposely; —**tlich** real, proper, true; —**tümlich** peculiar
Eigen: —**art** *f.* peculiarity; —**last** *f.* mere *or* own weight; —**schaft** *f.* property, quality; characteristic; —**tümer** *m.* —, proprietor; —**tümlichkeit** *f.* peculiarity, characteristic; —**wärme** *f.* (own) heat
eignen (sich) to be adapted, be suitable
eilen to hurry, hasten; —**ds,** speedily
Eilzug *m.* ¨**-e,** fast train
ein, eine, ein a, an, one
einander one another, each other
Einbau *m.* installation
ein-bauen to build in, install
Einbettung *f.* imbedding
Einbeulung *f.* swelling, botch
Einbildungskraft *f.* imagination
Einblick *m.* insight
ein-brechen to break in
ein-bringen to bring in, yield
Einbuße *f.* damage, loss
ein-büßen to lose, forfeit
ein-dampfen to evaporate
eindeutig absolutely
ein-dicken to thicken, coagulate
ein-dringen to penetrate, rush in
Eindruck *m.* ¨**-e,** impression
ein-engen to narrow, compress
einesteils on the one hand
einfach simple
Einfachheit *f.* simplicity
ein-fahren to enter
ein-fallen to fall in, strike, occur; —**d,** incident
Einfalls: —**lot** *n.* perpendicular at the point of incidence; —**strahl** *m.* **-en,** incident ray, beam; —**tor** *n.* **-e,** gate of entry, entrance; —**winkel** *m.* —, angle of incidence
Einfamilienhaus *n.* ¨**-er,** house for one family
ein-fangen to secure
Einfluß *m.* ¨**-e,** influence
einförmig uniform
Einfügung *f.* addition

ein-führen to introduce, establish
Einführung *f.* introduction, adoption
Eingang *m.* ¨**e,** entrance; **—spforte** *f.* entrance door *or* gate
ein-gehen to go into, enter, arrive; make a contract for; **auf etwas näher** — to delve into; **—d,** thorough, exhaustive
ein-gestehen to confess, admit
ein-graben to dig into
ein-greifen to catch, fit, interlock
Eingriff *m.* **-e,** intervention
ein-halten to keep, observe
Einheit *f.* unit, unity; **—spol** *m.* **-e,** unit pole; **—sstrom** *m.* unit of current
einheitlich united, uniform
ein-hüllen to envelop, incase
einiger, e, es some, several, a few
einigermaßen to some extent, somewhat
Einkammerbremse *f.* single-chamber *or* one-chamber brake
ein-kochen to boil down, condense, evaporate
Einkommen *n.* income
ein-laden to invite
ein-laufen to come into, enter
ein-leben (sich) to accustom oneself; **sich in etwas** — to make oneself thoroughly at home in a thing
ein-leiten to introduce, begin, bring about
Einleitung *f.* introduction, starting
ein-liefern to deliver, hand in
einmal once, some day; even; on the one hand; **auf** — at one time; **nicht** — not even; **noch** — once more, again; **—ig** happening once, single
ein-nehmen to take in, occupy, take up
ein-pflanzen to (im)plant
Einphasenkommutator *m.* **-en,** monophase commutator
ein-rammen to ram into
ein-reiben to rub into
einreihig in one row *or* line
ein-reißen to spread, take root
ein-richten to arrange, adapt, construct, equip, fit in
Einrichtung *f.* arrangement, contrivance, device, fittings, equipment, provision
Einsammlung *f.* gathering, meeting
ein-schalten to insert; connect up
ein-scharren to bury
ein-schieben to insert, add
einschl., einschließlich including
ein-schlagen to wrap up, include
ein-schleichen (sich) to creep in
ein-schließen to enclose, include
einschließlich with inclusion of, including
ein-schmelzen to melt up, reduce; seal
ein-schneiden to cut in(to); **—d,** incisive, vital
ein-schränken to curtail, limit
ein-sehen to see into, understand, conceive

einseitig one-sided, unilateral
Eingseitigkeit *f.* one-sidedness, narrowness
ein-setzen to set in, insert, install; begin; appoint; start up
Einsicht *f.* insight, understanding
einst once, in days past; **—weilen** meanwhile, for the present
ein-stellen to put in, set in, insert; engage, begin; stop, suspend; **sich —** to be, appear
ein-streichen to strike, sound
ein-stürzen to collapse
ein-tauchen to dip, plunge, immerse
ein-teilen to divide, distribute, classify
Einteilung *f.* division, classification
einträchtig unanimous
ein-treffen to arrive
ein-treten to step in, enter, set in, occur, take place
Eintritt *m.* **-e,** entrance; appearance, occurrence; beginning
Eintrittsalter *n.* age of entrance
Eintrittsgeld *n.* admission fee
einverstanden agreed
Einwanderer *m.* **—,** immigrant
ein-wandern to immigrate into
Einwanderung *f.* immigration
einwandfrei free from objection, incontestable
Einweihung *f.* dedication, opening
ein-werfen to throw into
ein-wirken to act on, affect; **auf etwas —** to influence, affect
Einwirkung *f.* action, effect, influence
ein-zäunen to fence in
Einzel: —beispiel *n.* **-e,** individual *or* single example; **—heit** *f.* detail; **—kraft** *f.* **¨-e,** separate *or* single force; **—leistung** *f.* individual achievement *or* performance; **—staat** *m.* **-en,** individual state
einzeln single, only, individual, separate, isolated
ein-ziehen to draw in; enter, penetrate; **Erkundigung —** make inquiry
einzig only, single, unique
Eis *n.* ice; **—punkt** *m.* **-e,** freezing point
Eisen *n.* **—,** iron (Fe); **—bahn** *f.* railroad; **—bahnbetrieb** *m.* railroad traffic *or* management; **—bahndampfmaschine** *f.* railroad locomotive; **—bahngesellschaft** *f.* railway company; **—bahnschienennetz** *n.* network of railways; **—bahnunfall** *m.* **¨-e,** railroad accident; **—bahnverwaltung** *f.* board of directors of a railroad, railroad management; **—bahnviadukt'** *m.* **-e,** railroad viaduct; **—bahnwagen** *m.* **—,** railway car; **—bahnzug** *m.* **¨-e,** railway train; **—bau** *m.* iron construction; **—bedürfnis** *n.* **-se,** iron requirements *or* needs; **—elektrode** *f.* iron electrode; **—erz** *n.* **-e,**

iron ore; —**erzerzeugung** *f.* iron ore production; —**erzeugung** *f.* production *or* manufacture of iron; —**erzgerölle** *n.* iron ore rubble; —**erzlager** *n.* —, bed *or* deposit of iron ore; —**erzmenge** *f.* amount *or* quantity of iron ore; —**erzvorrat** *m.* ¨**e,** iron ore reserve *or* supply; —**feilspan** *m.* ¨**e,** iron filing; —**gerippe** *n.* iron framework; —**gerippenkonstruktion'** *f.* iron-framework construction; —**gerüst** *n.* **-e,** iron scaffold, iron trestle *or* framework; —**hochbau** *m.* structural iron work; —**industrie'** *f.* iron industry; —**kern** *m.* **-e,** iron core; —**konstruktion'** *f.* iron construction; —**markt** *m.* ¨**e,** iron market, iron trade; —**menge** *f.* amount of iron; —**platte** *f.* iron plate; —**produktion'** *f.* iron production; —**pulver** *n.* powdered iron; —**stab** *m.* ¨**e,** iron bar; —**stein** *m.* iron-stone; —**stück** *n.* **-e,** piece of iron; —**teilchen** *n.* iron particle; —**träger** *m.* —, iron girder; —**verlust** *m.* **-e,** iron loss *or* waste; —**werk** *n.* **-e,** foundry; —**zylinder** *m.* —, iron cylinder

eisern of iron, iron

eitel vain

Elan' *m.* ardor, enthusiasm

elastisch elastic

Elastizität *f.* elasticity; —**geschütz** *n.* **-e,** spring gun

Elefant' *m.* **-en,** elephant

elegant' elegant, grand

elektrisch electric

Elektrisierbarkeit *f.* quality of being electrifiable, electrifiability

elektrisieren to electrify, electrize

Elektrisierung *f.* electrification; —**sgrad** *m.* **-e,** degree of electrification

Elektrizität' electricity; —**serreger** *m.* —, excitant *or* producer of electricity; —**s'erzeugung** *f.* generation of electricity; —**s'lieferung** *f.* supplying *or* production of electricity; —**smenge** *f.* quantity *or* amount of electricity; —**sprüfer** *m.* electricity tester; —**squelle** *f.* source of electricity, generator; —**sstoff** *m.* electrical matter; —**szentral'** *f.* (electric) central

Elektrochemie' *f.* electrochemistry

Elektrode *f.* electrode

elektrodynamisch electrodynamic

Elektrodynamometer *m.* —, electrodynamometer

Elektroly'se *f.* electrolysis

Elektrolyt' *m.* **-e,** electrolyte

elektrolytisch electrolytic

Elektromagnet' *m.* **-e,** electromagnet; —**schenkel** *m.* electromagnet pole-piece; —**spule** *f.* electromagnet coil; —**wickelung** *f.* electromagnet winding

elektromagnetisch electromagnetic

Elektromagnetismus *m.* electromagnetism

Elektromotor *m.* **-en,** electromotor
elektromotorisch electromotive
Elektron *n.* **-en,** electron; **—enbegriff** *m.* electron idea *or* theory
Elektroskop' *n.* electroscope
elektrostatisch electrostatic
Elektrotechnik *f.* electrotechnics
Element' *n.* **-e,** element; cell, battery
elementar' elementary
Elend *n.* misery, penury
eliminieren to eliminate
Eli'te *f.* elite, pick
empfangen to receive
empfehlen to recommend
empfinden to feel, perceive
empfindlich sensitive, delicate; severe; grave
Empfindung *f.* sensation
empirisch empirical
empor-blühen to arise, flourish
empor-führen to raise
empor-holen to fetch up
empor-kommen to spring up
empor-schöpfen to draw up
empor-steigen to rise, soar
empor-wachsen to grow up, augment
empor-ziehen to raise, rear
emsig diligent, laborious
Ende *n.* **-n,** end, conclusion
enden to end, terminate
Endergebnis *n.* final result
Endfläche *f.* end (surface)
endgültig conclusive, final
endlich final
Endplatte *f.* end plate *or* sheet
Endresultat' *n.* final result
Endtemperatur' *f.* final temperature
Energie' *f.* energy; **—art** *f.* kind of energy; **—bindung** *f.* binding of energy, collection of energy; **—einheit** *f.* unit of energy; **—ernte** *f.* harvest of energy; **—faktor** *m.* energy factor; **—fang** *m.* capture *or* gathering of energy; **—form** *f.* form of energy; **—hunger** *m.* hunger for energy; **—lieferant'** *m.* **-en,** provider *or* purveyor of energy; **—menge** *f.* amount *or* quantity of energy; **—quelle** *f.* source of energy; **—reich** rich *or* abounding in energy; **—schatz** *m.* **¨-e,** wealth *or* store of energy; **—verbrauch** *m.* consumption of energy; **—wirtschaft** *f.* energy establishment, domain of energy
energie'arm poor in energy
Enfilierfeuer *n.* enfilading fire
eng narrow, close, small, dense
Engel *m.* **—,** angel
Engländer *m.* **—,** Englishman
englisch English
Enkel *m.* **—,** grandson; **die —** descendants
enorm' enormous, vast; intense
entbehren to do without, dispense with
entdecken to discover
Entdecker *m.* **—,** discoverer
Entdeckung *f.* discovery
entern to grapple, board
entfallen to fall to, be apportioned to, be distributed
Entfaltung *f.* display
entfärben to decolorize, discolor
entfernen to remove, withdraw, separate

entfernt remote, distant; **im —esten** in the least
Entfernung *f.* distance, removal
entgegen-bringen to bring toward; feel toward
entgegen-fließen to flow against
entgegen-gehen to approach
entgegengesetzt opposite, contrary, reverse
Entgegenkommen *n.* spirit of accommodation
entgegen-sehen to look forward to, await
entgegen-setzen to set against, oppose, set up in opposition
entgegen-stehen to be opposed to
entgegen-wirken to work against, oppose, counteract
entgehen to escape; miss, lose
enthalten to contain
entkommen to escape
entladen to discharge
Entladung *f.* discharge
entlang along
entlegen remote, distant
entlohnen to pay, remunerate
entnehmen to take from, withdraw, draw, deduce
Entomolog' *m.* entomologist
entrechten to deprive of rights
Entschädigung *f.* indemnification, compensation
entscheiden to decide; **—d,** decisive, conclusive
Entscheidungsschlacht *f.* decisive battle
entschieden resolute, firm, decided
entschließen (sich) to decide, resolve
entsprechen to answer, correspond to, conform with *or* to; **—d,** adequate, suitable, according, in accordance with
entspringen to arise from
entstehen to originate, arise, result, spring up
Entstehung *f.* origin, formation
entweder either
entweichen to escape
entwerfen to devise, lay out, plan
Entwertung *f.* depreciation
entwickeln to develop, evolve
Entwickelung *f.* development, evolution; **—sgang** *m.* **¨e,** course of development, evolution; **—sgeschichte** *f.* history of development, evolutionary history
Entwurf *m.* **¨e,** plan, design
entziehen to extract, remove, withdraw, withhold
Entziehung *f.* extraction, withdrawal
entzünden to ignite
entzündlich inflammable
Epo'che *f.* epoch, period
epo'chemachend epoch making
erbauen to build, construct
Erbauer *m.* **—,** builder, maker
Erbauung *f.* construction
erbieten (sich) to volunteer
erblicken to perceive, discover, espy
Erd: —achse *f.* earth's axis; **—ball** *m.* earth, globe; **—beben** *n.* **—,** earthquake; **—boden** *m.* ground, soil, earth's surface; **—e** *f.* earth; ground; soil; **—erhebung** *f.*

pile of earth; —**feld** *n.* earth's (magnetic) field; —**geschoß** *n.* ground floor; —**hälfte** *f.* hemisphere; —**klümpchen** *n.* —, particle of earth; —**kugel** *f.* terrestrial globe, earth; —**magnet'** *m.* earth-magnet; —**magnetismus** *m.* terrestrial magnetism; —**mittelpunkt** *m.* center of the earth; —**nest** *n.* **-er,** earth nest; —**niveau'** *n.* earth's surface; elevation; —**oberfläche** *f.* earth's surface; —**öl** *n.* **-e,** petroleum; mineral oil; —**reich** *n.* soil, ground; —**stoß** *m.* **¨e,** earthquake; —**teil** *n.* **-e,** continent

erdenklich conceivable

ereignen (**sich**) to happen, occur

Ereignis *n.* **-se,** event

erfahren to experience, learn, undergo

Erfahrung *f.* experience, practice; knowledge; —**ssatz** *m.* **¨e,** principle founded on experience; —**szahlen** *f. pl.* practical figures or data

erfahrungsgemäß as known by experience

erfassen to seize, clutch

erfinden to invent, devise

Erfinder *m.* —, inventor

Erfindung *f.* invention, discovery

Erfolg *m.* **-e,** result, success

erfolgen to follow, result, arise, take place

erfolgreich successful

erforderlich requisite, necessary, required

erfordern to require, demand

Erfordernis *n.* **-se,** exigency, requirement

erforschen to investigate, fathom

Erforscher *m.* —, investigator, student

Erforschung *f.* investigation

erfreuen to delight

erfreulich pleasing, delightful, gratifying

erfreulicherweise fortunately

erfüllen to fill, fulfil

Erfüllung *f.* fulfilment

Erg *n.* erg

ergänzen to complete, supplement, recruit; **sich** — to be supplemented, restored

Ergänzung *f.* completion; supplement; —**sfarbe** *f.* complementary color

ergattern to obtain slyly

ergeben to give, yield, show; **sich** — to result, follow, be shown, be developed

Ergebnis *n.* **-se,** result, conclusion

Ergiebigkeit *f.* productiveness, richness

ergießen (**sich**) to flow forth

ergreifen to seize, take hold of

ergründen to investigate, fathom

erhaben elevated, convex; eminent, illustrious

erhalten to receive, get, obtain; assume; support, maintain, preserve

Erhaltung *f.* conservation; —**sarbeit** *f.* maintenance work, labor of upkeep

erheben to lift, raise; **sich** — to rise

erheblich considerable
Erhebung *f.* elevation; inquiry
erhitzen to heat, warm
Erhitzung *f.* heating
erhöhen to raise, elevate, increase
Erhöhung *f.* rise, increase, elevation
Erholungsreise *f.* outing, pleasure-trip
erinnern to remind, mention; **sich** — to remember, recall
Erinnerung *f.* recollection, memory; **in — bringen** to recall, remind; **—szeichen** *n.* —, souvenir
erkalten to grow cold, cool
erkennen to recognize, perceive, notice, know
Erkenntnis *f.* **-se,** knowledge, recognition, perception
erklären to explain, declare
erklärlich explainable, evident
Erklärung *f.* explanation; **—s-versuch** *m.* **-e,** attempted explanation
erklimmen to climb
erkrankt ill, sick
erkundigen (sich) to inquire
Erkundigung *f.* inquiry
erlangen obtain, get
erlassen to enact, pass; publish
erlauben to permit
Erlaubnis *f.* **-se,** permission
erläutern to elucidate, exemplify, explain
Erläuterung *f.* elucidation, explanation
erleben to live to see; undergo
erleichtern to make easy, facilitate
erleiden to suffer, undergo
erleuchten to illuminate
erlöschen to be extinguished, go out
Ermangelung *f.* lack, absence
ermessen to weigh, estimate
ermitteln to ascertain, find out, determine
ermöglichen to make possible
Ernährung *f.* nourishment, nutrition, support; **—sweise** *f.* kind of nutriment, manner of maintenance
ernennen to appoint
erneuern to renew; replace
erniedrigen to lower
Erniedrigung *f.* lowering, reduction
ernst earnest, serious; **—haft** earnest, serious
Ernst *m.* seriousness
Ernte *f.* harvest, crop
erobern to conquer, capture
Eroberungszug *m.* raid, predatory expedition
eröffnen to open, commence, reveal
Eröffnung *f.* opening
erörtern to discuss
erproben to try, test
errechnen to compute, obtain by computation
erregen to arouse, excite; create
Erreger: —kreis *m.* exciting circuit; **—spule** *f.* exciting coil; **—strom** *m.* exciting current
Erregung *f.* exciting, excitement, excitation, production; **—sfläche** *f.* exciting *or* producing surface
erreichbar attainable
erreichen to reach, attain, accomplish, equal

Erreichung *f.* attainment, accomplishment
errichten to erect, build
erringen to obtain, achieve
Ersatz, *m.* ¨**-e,** substitute, replacement; **—leistung** *f.* indemnification; **—teil** *m.* **-e,** replacement part
ersatzpflichtig liable for compensation
ersaufen to be flooded
erscheinen to appear; seem
Erscheinung *f.* sight, spectacle; appearance, phenomenon, manifestation
erschließen to open, unlock, render accessible
erschöpfen to exhaust
Erschöpfung *f.* exhaustion
erschüttern to shake
Erschütterung *f.* shaking, concussion
erschweren to render difficult
ersehen to see, perceive
ersehnen to long for
ersetzen to replace, displace, substitute; supply; compensate, make good, pay for
ersichtlich evident
ersinnen to contrive, devise, conceive
ersparen to save, economize
Ersparnis *f.* **-se,** saving
erst *adj.* first; *adv.* at first, previously, just now, not till, only
erstarren to congeal, solidify
Erstarrungspunkt *m.* **-e,** temperature of solidification *or* congelation
erstaunen to astonish; be astonished
Erstaunen *n.* astonishment; **in — setzen** to astonish
erstaunenswert astonishing
erstaunlich astonishing, wonderful
erstehen to rise, arise
erster former
ersticken to suffocate
erstklassig first-class
erstmalig for the first time
erstreben to endeavor to obtain; to accomplish, attain
erstrecken (sich) to extend, stretch; relate to
erteilen to grant, impart
ertönen to resound
Ertrag *m.* ¨**-e,** yield, produce
ertragen to endure, tolerate
erträumen to dream of, imagine
ertrinken to be drowned
erwachen to awake(n)
erwachsen to arise
erwägen to consider, ponder over
Erwägung *f.* consideration
erwähnen to mention, refer to
Erwähnung *f.* mention, reference
erwärmen to warm, heat
Erwärmung *f.* heating, warming
erwarten to await, expect
Erwartung *f.* expectation
erweichen to soften
erweisen to prove, show, demonstrate
erweitern to widen, enlarge, extend, expand, amplify
Erweiterung *f.* enlargement, extension
Erwerb *m.* **-e,** gain, livelihood; **—sform** *f.* form of livelihood

or industry; —**sleben** *n.* industrial life
erwerben to acquire, attain
erwidern to reply
erwirken to obtain, take out
Erz *n.* **-e,** ore, metal; —**bergbau** *m.* ore mining; —**gebiet** *n.* **-e,** ore region; —**lager** *n.* **—,** ore vein *or* stratum, ore supply; —**menge** *f.* quantity of ore; —**mine** *f.* ore mine; —**vorrat** *m.* **¨e,** ore supply
erzählen to relate, tell
erzeugen to produce, generate
Erzeuger *m.* **—,** producer, manufacturer
Erzeugnis *n.* **-se,** product, production
Erzeugung *f.* production, generation
erzielen to aim at, attain, obtain
Erzielung *f.* attainment
erzwingen to force, necessitate
Eskadron' *f.* **-s,** squadron
essen to eat
Essigsäure *f.* acetic acid ($C_2H_4O_2$)
Eta'ge *f.* story, floor
etwa about, perhaps, for instance, possibly
etwas something, some, anything, somewhat
Eudiometer *m.* eudiometer
Euro'pa *f.* Europe
europä'isch European
eutektisch eutectic
evakuieren to evacuate, exhaust the air; **evakuiert** vacuous
Evakuierung *f.* evacuation, pumping out of air
ewig eternal, endless
Ewigkeit *f.* eternity
exakt' exact; accurate
Exa'men *n.* (*pl.* **examina**) examination
Exbummel *m.* jaunt, trip
Existenz' *f.* existence
existieren to exist
exotisch exotic
Expansion' *f.* expansion
Expansiv'kraft *f.* **¨e,** expansive force
Experimental'chemie' *f.* experimental chemistry
Experimentator *m.* **-en,** experimenter
experimentell' experimental
Experimentier': —**kunst** *f.* experimental art; —**tisch** *m.* **-e,** experiment table
explodieren to explode
Export' *m.* **-e,** export(ation)
export'fähig able to export
exportieren to export
extrem' extreme
Exzellenz' *f.* Excellency

F

Fabrik' *f.* factory, mill; —**arbeiter** *m.* **—,** factory worker, shopman; —**at'** *n.* **-e,** factory product; —**raum** *m.* **¨e,** factory (room)
Fabrikant' *m.* **-en,** manufacturer
fabrizieren to fabricate, make
fach fold, times
Fach *n.* **¨er,** compartment; branch, subject; —**gebiet** *n.* special *or* technical field; —**genosse** *m.* **-n,** colleague; —**mann** *m.* **¨er** *or* **Fachleute** expert, scientist; —**vorlesung**

f. professional lecture, lecture on a special subject; **—zeitung** *f.* technical journal
fachlich professional
fachmännisch professional
Faden *m.* ¨, thread, filament; fathom
fähig able, capable
Fähigkeit *f.* ability, faculty
fahnden (auf) to try to seize
Fahr: —bahn *f.* roadway, railway; **—gast** *m.* ¨**e,** passenger; **—korb** *m.* elevator; **—plan** *m.* ¨**e,** schedule; **—rad** *n.* ¨**er,** bicycle; **—stuhl** *m.* ¨**e,** elevator; **—stuhlanlage** *f.* elevator equipment; **—t** *f.* journey, voyage, trip; career; **—zeit** *f.* running-time; **—zeug** *n.* **-e,** vehicle; ship
Fährboot *n.* **-e,** ferry (boat)
fahren to move, go, ride, run, travel
Fährnis *n.* **-se,** peril, danger
Faktor *m.* **-en,** factor
Fall *m.* ¨**e,** case, event; fall
fallen to fall, drop; occur
fällen to fell; precipitate
falls in case that, provided
Fällung *f.* precipitation
falsch false, wrong, bad
Fama *f.* fame; report
Familie *f.* family; **—nblatt** *n.* ¨**er,** family journal, local paper
fangen to catch, secure
Fangvorrichtung *f.* catching device
Farbänderung *f.* change of color
Farbe *f.* color, hue; **—neindruck** *m.* ¨**e,** color impression; **—npaar** *n.* **-e,** pair of colors; **—nzerstreuung** *f.* chromatic aberration
färben to color, dye
farbig colored
farblos colorless
Farbstoff *m.* **-e,** coloring matter, dye
Färbung *f.* coloring, color
Farmer *m.* —, farmer
Faser *f.* fiber, thread
Faß *n.* ¨**er,** cask, keg
Fassa'de *f.* facade, front; **—nlänge** *f.* frontage
fassen to seize, grasp, express, hold; conceive; **Beschluß —** resolve; **festen Fuß —** to gain a (firm *or* solid) footing
faßlich comprehensible
Fassung *f.* wording, style; **—sfähigkeit** *f.* capacity; **—svermögen** *n.* power, capacity
fast almost
faul lazy, idle; hollow
f. d. cm., für das Zentimeter per centimeter
Fe., ferrum (*Eisen*) iron
Februar *m.* February
Fechtboden *m.* duelling ground
Feder *f.* feather; spring; pen
federn to be elastic, move on springs; graze
fehlen to lack, be absent; err
Fehler *m.* —, mistake, error
Feier *f.* celebration
feierlich solemn, imposing
feiern to honor, fête, celebrate; rest, idle
Feilspan *m.* ¨**e,** filing, chip
fein fine
Feind *m.* **-e,** enemy
feindlich hostile
Feld *n.* **-er,** field; **—früchte** *pl.*

produce of the field; —**magnet'** *m.* **-e,** field magnet; —**stärke** *f.* field strength *or* intensity; —**zug** *m.* **¨e,** campaign

Felsen *m.* —, rock, cliff

Felswand *f.* **¨e,** stone wall

Fenster *n.* —, window; —**reihe** *f.* row of windows

Ferientätigkeit *f.* vacation work

fern far, distant; —**er** further, moreover

Fernrohr *n.* **-e,** telescope

Fernsprechraum *m.* **¨e,** telephone booth

Fernwirkung *f.* distant effect, remote activity

fertig ready, finished, done, complete; ready-made

fertigen to manufacture

fertig-stellen to make, complete

fesseln to fetter, bind; charm

fest firm, solid, fixed, fast

fest-fügen to join firmly together

fest-halten to hold fast, keep

Festigkeit *f.* solidity, stability, strength

fest-keilen to wedge fast *or* firmly

Festland *n.* solid land, terra firma; mainland

fest-legen to establish, fix, determine

fest-machen to make fast, fix, fasten

fest-rosten to rust fast (together)

fest-schrauben to screw tight

fest-setzen to establish, settle fix

fest-stehen to stand firm, be stationary; —**d,** stationary

fest-stellen to establish, determine

Feststellung *f.* determination, fixing, establishment

Festung *f.* fortress

Fett *n.* **-e,** fat, grease

feucht damp, moist

Feuchte *f.* moisture; fluid

Feuchtigkeit *f.* dampness, moisture

Feuer *n.* —, fire; —**büchse** *f.* firebox; —**büchsenblech** *n.* **-e,** firebox plate; —**büchsmaterial'** *n.* firebox material; —**büchswandung** *f.* firebox wall; —**gas** *n.* **-e,** combustible gas; —**halten** *n.* (continuous) firing; —**kiste** *f.* fire box; —**raum** *m.* fire chamber; —**seite** *f.* fire-side (*side exposed to the fire*)

feuerfest fireproof

feuern to fire, shoot

feuersicher fireproof

Feuerung *f.* firing; —**smaterial'** *n.* **-ien** fuel (material)

ff., folgende following

Fig., Figur' figure

Figur' *f.* figure, shape

filtrieren to filter

Filz *m.* felt; —**platte** *f.* felt sheet

Finanz'deputation' *f.* financial deputation, committee of finance

Finanz'mann *m,* **¨er** *or* **-leute** financier

finden to find, discover

Findigkeit *f.* shrewdness

Finger *m.* —, finger

finnisch Finnish

Finsternis *f.* darkness
Firma *f.* (*pl.* **Firmen**) firm, company
Fischbein *n.* **-e,** whalebone; **—stab** *m.* piece of whalebone
Fischerboot *n.* **-e,** fishing boat
fixieren to fix
Fixstern *m.* **-e,** fixed star
flach flat, level; shallow
Flachboot *n.* **-e,** scow, barge
Fläche *f.* surface, level; **—nanziehung** *f.* surface attraction
flackern to flicker; flare
Flaggenschmuck *m.* flag decoration
Flamme *f.* flame; **—nbogen** *m.* **¨,** flame arc, voltaic arc; **—nkugel** *f.* cone of flame; **—nreaktion'** *f.* flame reaction
flammend fiery, enthusiastic
Flammofen *m.* **¨,** flame *or* reverberatory furnace
Flammrohr *n.* flue
Flasche *f.* flask, bottle, jar
flattern to flutter, fly, waver
Fleisch *n.* flesh, meat; **—zerleger** *m.* **—,** meat cutter
Fleiß *m.* industry, diligence
fleißig industrious, diligent
fliehen to flee (from), shun
fließen to flow
flink fleet, alert
Flintglas *n.* flint glass; **—stab** *m.* **¨e,** flint-glass bar *or* rod
Flöte *f.* flute
Flotte *f.* fleet, navy
Flucht *f.* flight
flüchten (sich) to flee
flüchtig volatile; hasty, casual
Flüchtigkeit *f.* volatility
Flügel *m.* **—,** wing
Flugmaschine *f.* flying machine
Fluidum *n.* (*pl.* **Fluida**) fluid
Fluorwasserstoff *m.* hydrofluoric acid (HFl)
Flurlampe *f.* hall lamp
Fluß *m.* **¨e,** river ; **in — kommen** to get into swing, become animated; **—gebiet** *n.* **-e,** river basin
Flußeisen *n.* ingot-iron; **—platte** *f.* cast-iron plate
flußeisern cast-iron
flüssig liquid, fluid
Flüssigkeit *f.* liquid; **—sleitung** *f.* conduit, pipe for the transmission of a liquid; **—smenge** *f.* amount of liquid, liquid mass; **—smischung** *f.* liquid mixture; **—ssäule** *f.* column of liquid; **—sspiegel** *m.* surface of a liquid; **—steilchen** *n.* liquid particle
Flußsäure *f.* hydrofluoric acid
flüten *f.* rush along
Folge *f.* result, consequence; succession; **etwas zur — haben** to bring about, cause; **—zeit** *f.* time to come, future
folgen to follow, result
folgendermaßen as follows
Folgerung *f.* consequence, conclusion
folglich consequently
förderlich useful, beneficial
fordern to demand, claim, require
fördern to promote, advance, encourage; haul out, extract, mine
Forderung *f.* demand, necessity

Förderung *f.* promotion, hauling out, extraction
Form *f.* form, shape; —**art** *f.* formation
Formel *f.* formula
formen to form, fashion
förmlich formal, proper; veritable, express
forschen to inquire, investigate, search
Forscher *m.* —, investigator, scientist
Forschung *f.* investigation, research
Forstwirtschaft *f.* forestry
fort away, forth, on; — **und** — on and on, forever
fort-bewegen to move away, move along
Fortbewegung *f.* moving forward, progression
fort-dauern to continue, go on; —**d**, continuous
fort-fahren to proceed, continue
fort-fallen to be left out, be omitted
fort-gehen to go away, pass off; continue
fort-laufen to run away; —**d**, continuous
fort-leiten to lead over, carry over, transfer, transmit
fort-pflanzen to transmit, propagate, progress
Fortpflanzung *f.* transmission, propagation; —**sgeschwindigkeit** *f.* transmission velocity
fort-rücken to progress, advance
fort-rudern to row on, row forward
fort-schleppen to drag away
fort-schleudern to hurl *or* cast forth
fort-schreiten to progress
Fortschritt *m.* **-e**, step forward, progress, advance, improvement
fort-setzen to continue
Fortsetzung *f.* continuation
fortwährend continual, constant
fort-ziehen to draw away, draw forward, remove
fossil' fossil, petrified
Fournier' *n.* **-e**, veneer
Fracht *f.* freight (age), cargo; —**aufzug** *m.* **-e**, freight elevator; —**boot** *n.* **-e**, freighter; —**dampfer** *m.* —, freight steamer, freighter; —**kosten** *pl.* freight charges; —**masse** *f.* amount of freight; —**stück** *n.* **-e**, piece of freight, package, parcel; —**wagen** *m.* —, freight car
Frage *f.* question; affair
fragen to ask, inquire
fraglich doubtful, questionable
Frankreich *n.* France
französisch French
Frau *f.* wife, woman; Mrs.; —**enfrage** *f.* woman question
Frcs. francs
Fregat'te *f.* frigate
frei free; open, vacant; —**werden** to become free *or* liberated; —**willig** voluntary
Freilegung *f.* clearing
freilich of course, indeed
Freistrahlturbi'ne *f.* open-jet turbine
fremd strange, foreign

Fremderregung *f.* external excitation
Fremdkörper *m.* —, foreign body
fressen to devour, eat
freuen (sich) to be glad, pleased, happy; rejoice
Freund *m.* **-e,** friend
freundlich friendly, pleasant
freundschaftlich friendly
Frieden *m.* peace; **—skongreß'** *m.* **-e,** peace congress
Friedhof *m.* cemetery
friedlich peaceful, quiet
frisch fresh, cool
Frist *f.* space of time
froh glad, happy
fröhlich joyful, happy
Frondienst *m.* compulsory service
Front *f.* front, front-rank
Frucht *f.* **¨e,** fruit; result; **—vorrat** *m.* **¨e,** harvest (supply)
fruchtbar fruitful, fertile
früh early; soon; **—er** earlier, former
Frühschoppen *m.* morning drink
Fuchs *m.* **¨e,** fox; student in first semester, freshman; **—schwanz** *m.* fox tail
fügen to join, fit, unite, adapt
füglich right, just, suitable
fühlbar perceptible, felt
fühlen to feel
Fühler *m.* —, feeler, antenna
führen to lead, conduct, bear, give, bring, carry, carry on; **einen Beweis** — to furnish a proof
Führer *m.* —, leader, guide, conductor
Führung *f.* conduct, command
Fuhrwerk *n.* **-e,** vehicle
Fülle *f.* fullness, abundance
füllen to fill
Füllung *f.* filling, charge
Fundament' *n.* **-e,** foundation
fundamental' fundamental
Fundierungsarbeit *f.* foundation work
Fundort *m.* **-e** *or* **¨er,** place of discovery
Fundstätte *f.* place of discovery
fünfzig fifty; **aus den —er Jahren** in the fifties; **—fach** fifty-fold
Funke(n) *m.* spark; **—nbildung** *f.* spark formation; **—ninduktor** *m.* induction coil, spark coil
Funktion' *f.* function, action; **—sventil** *n.* **-e,** functioning valve, air regulator
funktionieren to act, work, function
furchtbar fearful, horrible
fürchten to fear
Fürst *m.* **-en,** prince
Fuß *m.* **¨e,** foot; **—rahmen** *m.* foot frame
fußen to depend on, build
füttern to feed

G

g., Gramm gram
Galeas'se *f.* galliass, large galley
Galee're *f.* galley; **—nflotte** *f.* galley fleet
galvanisch galvanic
Galvanis'mus *m.* galvanism
Galvano: —meter *m.* —, galvanometer; **—plastik** *f.* gal-

vanoplastic art, electrometallurgy; —**skop'** *n.* **-e,** galvanoscope

Gang *m.* **¨e,** path, aisle; course; motion, action; **im —e sein** to be in circulation, on foot, in progress; **in —kommen** to start, come into operation

gangbar passable

ganz whole, entire; *adv.* quite, wholly

gänzlich entire, complete

Ganzwolle *f.* all-wool

ganzzahlig integral

gar fully, quite, even, very; **— nicht** not at all

Garantie' *f.* guarantee

garantieren to guarantee

Gartenspritzenschlauch *m.* **¨e,** garden hose

Gas *n.* **-e,** gas; **—analy'se** *f.* gas analysis; **—art** *f.* kind of gas; **—beleuchtung** *f.* illumination with gas; **—entladung** *f.* gas discharge; **—erzeuger** *m.* —, gas generator; **—feuerung** *f.* gas firing, gas fuel; **—flamme** *f.* gas flame; **—glühkörper** *m.* —, incandescent gas lamp, incandescent body; **—kohle** *f.* gas coal, soft coal; **—maschine** *f.* gas engine; **—maschinenanlage** *f.* gas-engine equipment, plant equipped with gas engines; **—maschinenbetrieb** *m.* gas-engine operation *or* work; **—säule** *f.* gas column; **—volumen** *n.*—, *or* **=volumina** volume of gas; **—wasser** *n.* gas liquor; **—werk** *n.* gas plant

gasförmig gaseous

Gasolingas *n.* **-e,** gasoline fumes

Gasolintank *m.* gasoline tank

Gasometer *m.* (*n.*), gas tank

Gasse *f.* street, alley

Gast *m.* **¨e,** guest, visitor; **—ameise** *f.* guest ant; **—haus** *n.* **¨er,** inn, hotel

Gattung *f.* kind, species

Gauversammlung *f.* district assembly

geb., geboren born

Gebäude *n.* —, building

geben to give, grant; **es gibt** there is, there are

Gebiet *n.* **-e,** domain, sphere, line, territory, field

gebieten to order, dictate, demand

Gebilde *n.* —, product, formation, creation

Gebirge *n.* —, mountain range

Gebirgswelt *f.* mountain world

Gebläse *n.* blast engine; bellows

geblättert laminated, lamellar

geboren born, native

Gebot *n.* **-e,** command; **zu —e stehen** to be at one's disposal

Gebrauch *m.* **¨e,** use, employment; custom

gebrauchen to use, employ, consume

gebräuchlich usual, customary, in use, commonly used

Gebühr *f.* fee, charges

Geburt *f.* birth; **—sjahr** *n.* **-e,** year of birth; **—sstätte** *f.* birthplace; **—stag** *m.* **-e,** birthday

Gedächtnis *n.* memory

Gedanke *m.* **-n,** thought, idea; **—ngang** *m.* **¨e,** train of thought
gedeihen to thrive, prosper
Gedeihen *n.* prosperity, success
gedenken to recall, remember
geeignet suitable, proper, calculated, sufficient
Gefahr *f.* danger; **—enquelle** *f.* source of danger; **—enzone** *f.* danger zone
gefährden to imperil, expose to risk *or* injury
gefahrdrohend menacing
gefährlich dangerous
gefahrlos without danger, safely
Gefährtin *f.* comrade
Gefälle *n.* fall, descent
gefallen to please
Gefängnis *n.* **-se,** prison, jail
Gefäß *n.* **-e,** receptacle, vessel; **—wand** *f.* **¨e,** wall of a receptacle
Gefecht *n.* **-e,** fight, action; **—swert** *m.* fighting value *or* quality
geflügelt winged; **—es Wort** household word, common expression
gefrieren to freeze
Gefrieren *n.* freezing
Gefrierpunkt *m.* **-e,** freezing point
Gefüge *n.* structure, texture
Gefühl *n.* **-e,** feeling
gegen against, toward, to, for, about, in comparison with; **—sätzlich** opposite, contrary; **—seitig** mutual, reciprocal; **—wärtig** present; *adv.* at present
Gegend *f.* country, region, neighborhood, surroundings
Gegen:—druck-Kolbendampfmaschine *f.* counter-pressure steam engine, reaction engine; **—druckturbi'ne** *f.* counter-pressure *or* reaction turbine;—**gewicht** *n.* counter-weight; **—satz** *m.* **¨e,** contrast, antithesis, opposition; **—stand** *m.* **¨e,** object, subject; affair; **—teil** *n.* **-e,** contrary, reverse; **im —teil** on the contrary; **—wart** *f.* presence
gegeneinander against (to, opposite) one another, each other
gegenüber opposite, in front of, in comparison with, over against, with; **—halten** to hold opposite to; **—liegen** to lie opposite; **—liegend,** opposite; **—stehen** to stand opposite *or* opposed to
Gegner *m.* **—,** foe, opponent
Gehalt *m.* **-e,** contents, amount, content, standard value; salary, stipend
Gehäuse *n.* case, shell, housing
geheim secret, confidential, honorable
Geheimnis *n.* **-se,** secret, mystery
Geheimrat *m.* Honorable (*as title*); **Wirklicher —** Right Honorable
gehen to go, walk; **aus dem Wege —** avoid; **vorloren —** become lost; **vor sich —** continue, proceed; **von statten —** advance, progress

Gehilfe *m.* **-n,** assistant, helpmate
Gehör *n.* hearing
gehorchen to obey
gehören to belong to, appertain to, be counted among
gehörig belonging to, pertaining to; proper, just; *adv.* well, thoroughly
Geige *f.* violin
Geist *m.* **-er,** spirit, mind, intellect; **—eskraft** *f.* **¨-e,** mental power
geistig mental, intellectual
geistlos senseless, heedless
Gelände *n.* **—,** tract of land
gelangen to reach, attain, get, arrive at a place
geläufig fluent, familiar
gelb yellow; **—grün** yellowish green; **—lich** yellowish; **—lichgrün** yellowish green
Geld *n.* **-er,** money, cash; **—mittel** (*pl. only*), means, wealth; **—sortierungsmaschine** *f.* money-sorting machine; **—strafe** *f.* fine
Gelegenheit *f.* opportunity; occasion
gelegentlich occasional; along with, incidental (to)
Gelehrte(r) *m.* scholar, scientist, savant
Gelehrtendasein *n.* scholar's life
gelenkig jointed, flexible
gelind(e) soft, mild, slight
gelingen to succeed
gelten to hold good, serve, be considered, have value; be a question of; be the case
Geltung *f.* value, worth; **zur — kommen** to become valuable *or* important
gemächlich leisurely
gemäß according to
gemäßigte Zone *f.* temperate zone
gemein common; low, vulgar
Gemeinde *f.* community, municipality; **—kosten** *pl.* parish expenses, municipal expenses
gemeinnützig of general utility *or* use
gemeinsam common, joint, mutual
gemeinschaftlich common, joint, mutual
Gemenge *n.* **—,** mixture
Gemisch *n.* **-e,** mixture
Gemüt *n.* **-er,** soul, heart, mind
genau exact, accurate, careful
Genauigkeit *f.* exactness, accuracy
Genehmigung *f.* approval
generalisieren to generalize
Generator *m.* **-en,** generator
Genf Geneva (*on Lake Lucerne, Switzerland*; *pop.* (1910) 126,000)
genial' gifted, genial
Genie' *n.* **-s,** genius
genießen to enjoy
Genossenschaft *f.* company
genug enough, sufficient
Genüge *f.* sufficiency; **zur — sufficiently**
genügen to suffice, satisfy; **—d,** sufficient, satisfactory
Genuß *m.* enjoyment, treat; **—mittel** *n.* **—,** means of enjoyment; condiment
geographisch geographic
Geolo'genkongreß' *m.* congress of geologists
geometrisch geometric

gerade *adj.* straight, exact, direct; *adv.* exactly, just, rightly; **—nwegs** straight; directly; **—zu** positively, downright
Gerade *f.* straight line
geradlinig in a straight line, straight, rectilinear; direct
geraten to fall; prove; be; get; come
geraum ample, long
geräumig spacious, roomy
Geräusch *n.* **-e,** noise
geräuschlos noiseless
gerecht just, fair; right
gering small, slight, little; **—fügig** trifling, little
Gerippe *n.* **—,** skeleton, framework; **—nkonstruktion'** *f.* framework construction
Germane *m.* **-n,** Teuton; Germanic (people)
germanisch Germanic
gern(e) gladly, with pleasure; readily, freely
Geröll *n.* **-e,** gravel, rubble
Geruch *m.* **¨e,** smell, odor; **—s-organ'** *n.* organ of smell
Gerücht *n.* **-e,** rumor, report
ges., gesamt entire, total, all
Gesamt: —betrag *m.* total amount; **—bilanz'** *f.* total balance; **—gehalt** *m.* total content, total amount; **—höhe** *f.* total height; **—länge** *f.* total length; **—leistung** *f.* total performance; **—menge** *f.* total amount; **—produktion'** total production; **—summe** *f.* total sum
Geschäft *n.* **-e,** business, bargain, commercial firm; **—shaus** *n.* **¨er,** business house firm; **—skarte** *f.* business card; **—sleben** *n.* business life; **—smann** *m.* (*pl.* **—leute**) business man; **—sviertel** *n.* **—,** business section; **—szentrum** *n.* business center *or* section; **—szweck** *m.* **-e,** commercial purpose
geschäftlich commercial
geschehen to happen, occur, take place, be done
Geschenk *n.* **-e,** present, donation
Geschichte *f.* story, history
geschichtlich historical
Geschicklichkeit *f.* skill
geschickt expert, clever
Geschlecht *n* **-er,** gender, sex
geschlechtslos sexless
Geschmack *m.* **¨e,** taste
Geschoß *n.* **-e,** story, floor
Geschütz *n.* **-e,** cannon, gun; **—kaliber** *n.* gun caliber
Geschwader *n.* **—,** squadron
Geschwindigkeit *f.* velocity, speed
gesellen (sich) to unite, join
gesellig sociable, social
Geselligkeit *f.* sociality, sociability
Gesellschaft *f.* society, company; **—sordnung** *f.* social organization; **—sspiel** *n.* **-e,** social game
Gesetz *n.* **-e,** law
gesetzmäßig according to law, regular
Gesichtspunkt *m.* **-e,** point of view, aspect
Gesims *n.* cornice
gespannt nervous
Gestalt *f.* form, shape, figure;

—**sänderung** *f.* transformation, transfiguration
gestalten to form, fashion, shape
Gestaltung *f.* configuration, shape, style
gestatten to allow, permit, provide
Gestell *n.* **-e,** stand, frame
gestern yesterday
Gestirn *n.* **-e,** constellation
Gesuch *n.* **-e,** petition
gesund healthy, sound
gesunden to get well, recover
Getrampel *n.* trampling
gewähren to grant, furnish, give
gewährleisten to guarantee; furnish; secure
Gewährung *f.* granting
Gewalt *f.* power, authority
gewaltig powerful, mighty; immense; enormous; **ins —e** immensely
Gewebe *n.* —, tissue, fabric
Gewerbe *n.* —, industry, trade; —**betrieb** *m.* industrial business; —**mann** *m.* tradesman
gewerblich industrial
Gewicht *n.* **-e,** weight, importance; **ins — fallen** to be of importance; —**sdifferenz'** *f.* difference in weight; —**seinheit** *f.* unit of weight; —**smasse** *f.* great weight, weight; —**smenge** *f.* quantity by weight; —**steil** *m.* **-e,** part by weight; —**sverhältnis** *n.* **-se,** proportion by weight; —**sverlust** *m.* **-e,** loss of weight
gewichtslos without weight, imponderable
Gewinde *n.* winding, thread
Gewinn *m.* **-e,** gain, benefit, profits; —**teil** *m.* **-e,** dividend
gewinnen to win, obtain, gain
Gewinnung *f.* winning, return, profit, surplus, production
gewiß certain
Gewissen *n.* conscience
gewissenhaft conscientious
gewissermaßen to some *or* a certain extent
Gewißheit *f.* certainty; **zur — werden** to become a certainty, surety
gewöhnen to accustom
Gewohnheit *f.* custom, usage
gewöhnlich usual, ordinary
Gewölbe *n.* —, arch, vault
gezähnt toothed, dentate
Gezeit *f.* tide
gießen to pour, cast
Gießerei' *f.* foundry
Gift *n.* **-e,** poison, venom; —**stachel** *m.* poisonous sting *or* tongue
giftig poisonous
gigantisch gigantic
Gips *m.* gypsum, plaster of Paris ($CaSO_4+2H_2O$)
glänzend brilliant, shining, dazzling
Glas *n.* **¨er,** glass; tumbler; —**ballon'** *m.* **-s,** (glass) balloon, carboy; —**behälter** *m.* —, glass container, bulb; —**birne** *f.* glass part, globe, bulb; —**flasche** *f.* glass bottle *or* jar; —**gefäß** *n.* **-e,** glass receptacle, bulb; —**prisma** *n.* **-en,** glass prism; —**rohr** *n.* **-e,** glass tube; —**röhre** *f.* glass tube; —**spiegel** *m.* glass

mirror; —**stab** *m.* ¨**e,** glass rod; —**stück** *n.* **-e,** piece of glass; —**teil** *m.* **-e,** glass part; —**wand** *f.* ¨**e,** glass wall *or* casing

glatt smooth, polished

glätten to plane, polish

glauben to believe, think

Glaubersalz *n.* **-e,** Glauber's salt, sodium sulphate ($Na_2SO_4+10H_2O$)

gleich like, equal, same; *adv.* immediately; —**kommen** to equal; —**artig** homogeneous, of the same kind; —**bedeutend** equivalent, synonymous; —**bleibend** constant, unvarying; —**falls** likewise, similarly; —**förmig** uniform, symmetrical; —**gültig** indifferent, of no account; —**mäßig** even, uniform; —**namig** like-named, similar; —**sam** so to speak, as it were; —**viel** no matter; —**wertig** equivalent; —**wohl** yet, nevertheless; —**zeitig** at the same time, simultaneous

Gleichartigkeit *f.* homogeneousness, similarity

gleichen to be like, resemble, equal

Gleichgewicht *n.* equilibrium

Gleichstrom *m.* direct current; —**lampe** *f.* direct-current lamp; —**lichtbogen** *m.* direct-current arc light; —**maschine** *f.* direct-current machine

Gleis *n.* **-e,** track, rail

gleißen to glitter

Glied *n.* **-er,** limb, member

Glimmer *m.* mica; —**platte** *f.* sheet of mica

glitzern to glisten

Glück *n.* fortune, success, happiness; —**spender** *m.* —, a giver of fortune *or* happiness

glückbegünstigt favored

glücken to be lucky, succeed

glücklich fortunate, happy; —**erweise** fortunately

glühen to glow; cause to glow; —**d,** incandescent

Glüh: —**faden** *m.* ¨, incandescent thread *or* filament; —**körper** *m.* —, incandescent body *or* lamp; —**lampe** *f.* incandescent lamp; —**licht** *n.* **-er,** incandescent light *or* lamp; —**ofen** *m.* ¨, furnace

Glyzerin' *n.* glycerine

Gnade *f.* grace, mercy

gnaden to be merciful

Gold *n.* gold (Au); —**ader** *f.* vein of gold; —**fund** *m.* **-e,** discovery of gold; —**sucher** *m.* —, gold hunter

golden golden

goldgelb golden-yellow

gothisch Gothic

Gott *m.* ¨**er,** God; god

Grab *n.* ¨**er,** grave, tomb

graben to dig

Grad *m.* **-e,** degree, grade; measure

gradlinig straight, rectilinear

Gramm *n.* **-e,** gram; —**kalorie'** *f.* gram calorie

grandios' grand, elegant

graphisch graphic

Graphit'block *m.* ¨**e,** graphite block *or* slab

graphitisch graphitic

Graphit'tiegel *m.* —, graphite crucible
Gras *n.* ¨**er**, grass; —**halm** *m.* blade of grass
Grat *m.* edge, wire edge
Grauen *n.* horror, fear
grausam cruel, fierce
Grausamkeit *f.* cruelty
grausig horrible, dreadful
greifbar tangible
greifen to grip, grasp, seize, catch hold of; search; **zu etwas** — to have recourse to
grell harsh, dazzling
Grenze *f.* limit, boundary, border, edge
grenzen to border on
Grenzfläche *f.* bounding surface
Grenzgebiet *n.* **-e**, frontier district, domain, sphere
Grieche *m.* **-n**, Greek
griechisch Greek, Grecian
Griff *m.* grip, handle
Griffel *m.* —, pen
grobkörnig coarse-grained
groß large, great, eminent; **im —en** on a large scale; **im —en und ganzen** taken all in all, generally speaking; **—artig** grand, sublime; **—enteils** to a large extent; **—herzig** generous
Großbrittanien *n.* Great Britain
Größe *f.* size, magnitude, amount
Größenverhältnis *n.* **-se**, (huge) dimension, proportion
Groß-Industrie' *f.* wholesale industry
Großmachtstellung *f.* position as a great power
Großstaat *m.* **-en**, great nation
Großtat *f.* great deed, exploit
größtmöglich greatest possible
Großunternehmung *f.* great enterprise, huge undertaking
Grube *f.* mine, pit, cavity; grave; — **Heinitz** *a power-central in Saarbrücken, named for Fried. Anton Heinitz.* ("*H. war unstreitig der genialste Mann, den das 18. Jahrh. auf dem Gebiete des Bergwesens nicht nur, sondern auch dem der merkantilistischen Wirtschaftspolitik hervorgebracht hat.*" Meyers Konversations-Lexikon.); **—n-distrikt'** *m.* **-e**, mining district; **—nleute** *pl.* mining people, miners
grün green; **—lich** greenish
Grund *m.* ¨**e**, ground, bottom, basis, foundation; reason; — **und Boden** real estate; **einer Sache zu —e liegen** to lie at the bottom of, be the foundation of a thing; **—anschauung** *f.* fundamental idea *or* concept; **—besitzer** *m.* —, landowner; **—eigentum** *n.* land property, real estate; **—eigentümer** *m.* —, property owner; **—erscheinung** *f.* fundamental manifestation *or* phenomenon; **—fläche** *f.* bottom (surface); **—gedanke** *m.* fundamental idea; **—gesetz** *n.* **-e**, fundamental law; **—lage** *f.* basis, foundation; **—platte** *f.* base; **—satz** *m.* ¨**e**, truth, axiom, (basic) principle; **—stoff**, *m.* **-e**, element, radical, basic

material; —**stück** *n.* –**e**, plot of land; —**stückspreis** *m.* –**e**, price of a parcel of land; —**ton** *m.* ¨**e**, fundamental tone

gründen to found, create, establish

Gründer *m.* —, founder

grundlegend fundamental

gründlich thorough, basic, fundamental

grundverschieden entirely different

Gruppe *f.* group

gruppenweise in groups

gültig valid, good, current

Gültigkeit *f.* validity, value

Gummiball *m.* ¨**e**, rubber ball

Gunst *f.* favor

günstig favorable, proper, advantageous

Gußeisen *n.* cast iron

gußeisern (made of) cast iron

Gußstück *n.* –**e**, cast (iron) piece

gut good; well

Güte *f.* goodness, kindness, quality

Güter *pl.* merchandise, freight, property; —**aufzug** *m.* ¨**e**, freight *or* merchandise elevator; —**zug** *m.* ¨**e**, freight train

gütlich: sich an etwas — tun to enjoy thoroughly

H

H., Hydrogenium (*Wasserstoff*) hydrogen

ha. Hektar' *m.* (*n.*) hectare (2.47 *acres*)

Haar, *n.* hair; —**pinsel** *m.* —, hair brush; —**riß** *m.* –**e**, very fine rent *or* tear; —**röhrchen** *n.* —, capillary tube; —**röhrchenanziehung** *f.* capillary attraction

Hafen *m.* ¨, harbor, port

haften to cling

Häkchen *n.* —, small hook, crotchet

Haken *m.* —, hook, grapple

halb half;—**aufgeraucht** half smoked; —**kreisförmig** semicircular

Halb: —**insel** *f.* peninsula; —**leiter** *m.* —, semi-conductor, poor conductor; —**zylinder** *m.* —, half cylinder

halber on account of, for the sake of

Halde *f.* heap, dump

Hälfte *f.* half

Halt *m.* halt, pause, —**machen** to stop, halt

halten to hold, maintain, keep; consider; stop

Halter *m.* ¨, holder, support

Hamburg - Amerika - Paketfahrt-Aktiengesellschaft *f.* Hamburg-American Steamship Corporation

Hand *f.* ¨**e**, hand; **an der — eines Beispieles** by means *or* by way of example; —**buch** *n.* ¨**er**, handbook, book of reference; —**gehen** *n.* (**Hand in —**) going hand in hand, close relationship; —**gelenk** *n.* –**e**, wrist; —**gemenge** *n.* hand-to-hand fight; —**griff** *m.* –**e**, handle, knob; —**kraft** *f.* hand power; —**pumpe** *f.* hand pump; —**streich** *m.* –**e**, stroke, blow

Handel *m.* —, commerce, trade; —**sflotte** *f.* trading fleet, merchant marine; —**skogge** *f.* small boat, smack; —**smarke** *f.* trade mark; —**srecht** *n.* commercial law; —**sschiff** *n.* **-e,** merchant ship, freighter

handeln to act, treat, deal; **sich um etwas** — to be a question of; deal with

handhaben to manage, administer

Handlung *f.* act, deed; trade; business house

Handwerk *n.* **-e,** handicraft; —**sregel** *f.* mechanical rule; —**szeug** *n.* set of tools, tool

handwerksmäßig artisan-like, mechanical

hangen to be suspended, hang

hängen to suspend, hang

Hardy *name of an inventor*

harmlos harmless, innocent

Harmonie' *f.* harmony

harmonisch harmonious

harren *with genitive,* to wait, wait for, await

hart hard; *adv.* closely

Härtegrad *n.* **-e,** degree of hardness

härten to harden, temper

Härtezahl *f.* hardness number, degree of hardness

hartnäckig stubborn, obstinate

Hartnäckigkeit *f.* stubbornness

Harz *n.* rosin, gum; —**stange** *f.* rod of resin *or* gum, stick of sealing wax

hasten to hasten, hurry

Haufe *m.* **-n,** heap, pile; band

häufen (sich) to accumulate, increase

häufig frequent

Häufigkeit *f.* frequency

Haupt *n.* ¨**er,** head, chief; —**arbeit** *f.* chief work; —**aufzug** *m.* ¨**e,** main elevator; —**ballasttank** *m.* main ballast tank; —**bestandteil** *m.* **-e,** chief constituent, essential part; —**element'** *n.* **-e,** chief element; —**erfordernis** *n.* **-se,** chief requisite *or* requirement; —**fehler** *m.* —, chief error *or* fault; —**flotte** *f.* main fleet; —**form** *f.* principal form; —**geschwader** *n.* main squadron; —**grund** *m.* chief reason, main cause; —**handelsplatz** *m.* ¨**e,** chief trading center; —**interesse** *n.* chief interest; —**interessent'** *m.* **-en,** chief owner; —**kabel** *n.* main cable, principal wire; —**laboratorium** *n.* main laboratory; —**lichtquelle** *f.* chief source of light; —**rolle,** *f.* leading part; —**sache** *f.* main point, chief thing; **in der —sache,** in the main, principally; **der —sache nach** principally; —**saison** *f.* principal *or* rush season; —**schlußmaschine** *f.* series dynamo; —**stadt** *f.* capital, metropolis; —**strom** *m.* ¨**e,** principal current; —**stromkraftübertragung** *f.* main-current (power) transmission; —**stromlampe** *f.* main-current lamp, monophote lamp; —**strommaschine** *f.* inducing-current machine, main-current dynamo; —

stromspule *f.* main-current coil, primary-current coil; —**träger** *m.* main carrier *or* conveyor; —**tragteil** *m.* chief support, main girder; —**unterschied** *m.* chief difference; —**vorteil** *m.* **-e,** chief advantage; —**wickelung,** *f.* main winding *or* coil; —**windung** *f.* main winding *or* coil; —**wirkung** *f.* chief effect

hauptsächlich chief, principal, main

Haus *n.* **¨-er,** house, home; —**frau** *f.* housewife; —**halt** *m.* household; —**haltung** *f.* household; —**industrie'** *f.* domestic trade

Häuschen *n.* small house, housing

Häutchen *n.* —, membrane

Hautnerv *m.* **-en,** skin *or* cutaneous nerve

Hebel *m.* —, lever; —**drehung** *f.* lever rotation, rotary movement of a lever

Hebemaschine *f.* lifting machine

heben to lift, raise; **sich** — to rise; revive

Heeresmasse *f.* army

Heft *n.* book, number, volume

heftig violent, fierce

Heftigkeit *f.* violence

Heide *f.* heath, prairie

heilig holy, sacred

Heilspender *m.*—, benefactor

Heimat *f.* home, native country

heimatlich native

heim-suchen to infest, visit

heimtückisch spiteful

heiß hot

Heißauswaschen *n.* washing out with hot water

heißen to be called, be named; name; mean; bid; be reported

Heiz: —**fläche** *f.* heating surface; —**gas** *n.* **-e,** heating gas; —**körper** *m.* —, heating body *or* apparatus; —**material'** *n.* fuel; —**spirale** *f.* heating coil; —**wert** *m.* heating value; —**zweck** *m.* **-e,** heating purpose

Heizer *m.* stoker, fireman

Heizung *f.* heating; firing

Hektar *m.* (*n.*) hectare (2.47 *acres*)

Heldenmut *m.* courage, heroism

Heldensage *f.* legend of a hero, epic tale

helfen to help, aid

Helfer *m.* helper, aid

hell bright, light, pale

Helligkeit *f.* brightness, brilliancy

Hemisphäre *f.* hemisphere

hemisphärisch hemispherical

hemmen to check, retard

her here, hither; ago, long ago

herab down, downwards

Herabgekommenheit *f.* ruin, downfall

herab-hangen to hang (down)

herab-lassen to lower

herab-mindern to reduce

Herabminderung *f.* lowering, lessening

herab-setzen to lower, reduce

heran-gehen to approach, attack

heran-wagen (sich) to venture to approach

heran-ziehen to bring (near),

attract, interest; rear, raise, train
herauf-beschwören to conjure up, evoke
herauf-bringen to bring up
herauf-holen to fetch up
heraus out here, out
heraus-bilden (sich) to arise, develop
heraus-finden to discover
heraus-tördern to haul out, remove
heraus-greifen to pick out, single out
heraus-holen to fetch out
heraus-ragen to project, protrude
heraus-reißen to tear out, pull out
heraus-stellen (sich) to be proved, shown; appear; turn out
herbei-eilen to hurry (here)
herbei-führen to bring about, cause
herbei-schleppen to drag here
herein-fallen to be duped, cheated
herein-ziehen to draw in (to)
her-fliegen: hin- und — to fly back and forth
Hering *m.* **-e,** herring
her-kommen to come from, arise
her-nehmen to get, procure
hernieder-senden to send down
Hero'e *m.* **-n,** hero
heroisch heroic
her-pendeln to oscillate
Herr *m.* **-en,** master, chief; Sir, Mr.; **—enanzug** *m.* **¨-e,** gentleman's suit; **—entier** *n.* **-e,** animal in authority; **—lichkeit** *f.* magnificence; **—schaft** *f.* control, mastery
her-richten to prepare
herrschen to rule, prevail; be
her-rühren to arise, originate
herstellbar feasible
her-stellen to make, prepare, build, form, produce, manufacture
Herstellung *f.* production, construction, manufacture, preparation; **—sprozeß'** *m.* **-e,** process of manufacture; **—sweise** *f.* method of production
her-treiben to drive out
Hertzsch of Hertz, Hertzian
herum around, about
herum-streiten (sich) to quarrel continually
herunter down, low
herunter-pressen to press down
hervor-bringen to produce, cause
hervor-gehen to go forth, arise, issue, follow
hervor-heben to raise, emphasize; bring up, mention
hervor-holen to fetch out
hervor-ragen to project, stand forth; **—d,** prominent, excellent, conspicuous
hervor-rufen to call forth, cause, produce
hervor-treten to step forth, arise, stand out, become evident; **—d,** prominent, striking
Herz *n.* **-en,** heart; **von —en** heartily, truly
her-ziehen to draw this way; **hin- und —** to draw *or* stretch back and forth

Heu *n.* hay
heute today
heutig today's, present; **zum —en Tage** in these days, at the present time
heutzutage nowadays, at the present time
Hexenmeister *m.* —, wizard
hie, hier here
hier here; **—an** in this; therein; **—auf** hereupon, upon this, to this; **—aus** from this, hence; **—bei** herewith, in this, in this case; **—durch** through this, thereby; **—für** for it, for this; **—her** here, in this category; **—in** herein, in this; **—nach** according to this, accordingly; **—über** about this; **—unter** among these; by this; **—von** hereof, herefrom, from this; **—zu** hereto, moreover, for this, in this class; **—zulande** in this country
Hilfe *f.* help, aid, assistance
Hilfs: —hubwerk *n.* auxiliary hoisting machine; **—luftbehälter** *m.* auxiliary air chamber; **—mittel** *n.* —, aid, contrivance, means, resource, remedy
Himmel *m.* —, heaven, sky; **—sgegend** *f.* celestial region; **—skörper** *m.* —, celestial body; **—sraum** *m.* celestial space, sky
hin thither, away, toward; **— und her** to and fro, back and forth
hinab down, downward
hinab-gleiten to glide down
hinab-senken to sink, lower
hinab-steigen to descend
hin-arbeiten to work for, aim at
hinauf up; to the top
hinauf-gehen to go up
hinauf-reichen to reach up
hinauf-steigen to rise, mount
hinaus out; **über etwas** — above, beyond
hinaus-fahren to go forth, sail out
hinaus-führen to lead out
hinaus-gehen to go out; **— über** exceed
hinaus-greifen to extend out
hinaus-laufen to result in
hinaus-ragen to project out
hinaus-schieben to postpone
hinaus-schleppen to drag out
hindern to hinder, prevent, obstruct
hindurch through, throughout
hindurch-bewegen (sich) pass through
hindurch-fließen to flow through
hindurch-gehen to pass through
hindurch-senden to send through
hindurch-strömen to flow through, run
hinein in, into, inside
hinein-ätzen to etch into
hinein-bringen to bring into, put into, take in
hinein-erstrecken (sich) to extend into
hinein-fallen to fall into
hinein-gehören to belong to, appertain to
hinein-passen to fit (into)
hinein-ziehen to draw in(to)
hin-fahren to sail there, go

hin-fließen to flow out *or* away
hin-führen to lead *or* carry there
Hingabe *f.* devotion
hin-geben to surrender
hingegen on the contrary
hin-gehen to pass, elapse
hin-kommen to come there
hin-reichen to suffice; —**d**, sufficient
hin-schleifen to drag there
hin-setzen (sich) to sit down
Hinsicht *f.* regard, respect
hinsichtlich in regard to, in respect to
hin-stellen to represent
hintan-halten to stop, check
hinten behind, aft
hinter *prep.* behind; *adj.* hindmost, (in the) rear
Hinterbein *n.* **-e**, hind leg
hintereinander one after another, in series
Hintereinanderschaltung *f.* connecting up in series
Hintergrund *m.* background
hinterlassen to leave behind, leave, bequeath
hin-tragen to carry there
hinüber-blicken to look across
hinüber-führen to lead over, carry over
hinüber-kommen to come *or* get across
hinüber-tragen to carry over
hinunter-lassen to let down
hinunter-steigen to descend
hinweg-helfen to help out
hin-weisen to indicate, show, hint at, refer, direct; point to, point out
hin-wenden to turn
hin-wirken to work away
hin-ziehen to draw towards; extend out
hin-zielen to aim at
hinzu-fügen to add, append
hinzu-kommen join, be added
hinzu-mischen to mix with
hinzu-treten to join, be added
historisch historical
Hitzdraht-Ampèremeter *m.*(*n.*) —, hot-wire amperemeter
Hitze *f.* heat; —**grad** *m.* **-e**, degree of heat *or* temperature
hitzebeständig durable when exposed to heat
Hobelmaschine *f.* planing-machine
hoch high; —**berühmt** very famous; —**gespannt** of high tension; —**gewachsen** very tall; —**tönend** high-sounding
Hochdruckdampf *m.* high-pressure steam
Hochdruckmaschine *f.* high-pressure engine
hoch-heben to lift up, raise
Hochofen *m.* ¨, blast-furnace; —**anlage** *f.* foundry plant *or* equipment; —**schlacke** *f.* foundry slag; —**tagesleistung** *f.* foundry output for one day; —**werk** *n.* foundry (plant)
Hochschul: —**behörde** *f.* university board, university authorities; —**ingenieur** *m.* **-e**, university engineer; —**studium** *n.* (*pl.* —**studien**) university course *or* curriculum; —**unterricht** *m.* university instruction *or* teaching; —**verwaltung** *f.* university authorities

Hochschule *f.* university, institution of learning higher than the gymnasium
höchstens at most
Höchstfall *m.* crisis; **im —e** at its maximum
Höchstfassungskraft *f.* maximum capacity
höchstwahrscheinlich in all probability
hoffen to hope, expect
Hoffnung *f.* hope
hoffnungsvoll hopeful
Höhe *f.* height, altitude, pitch; level; amount; **in die —** up, upward; **—punkt** *m.* high point, culmination
hohl hollow, concave; **—gezogen** hollow (-drawn)
Hohlraum *m.* **¨-e,** hollow space
Hohlspiegel *m.* **—,** concave mirror
Höhlung *f.* hollow, cavity
Höllensteinlösung *f.* caustic, nitrate of silver solution
Holz *n.* **¨-er,** wood; **—ersparnis** *f.* saving of wood; **—kohle** *f.* charcoal; **—leiste** *f.* wooden border *or* moulding; **—nest** *n.* **-er,** wood nest; **—platte** *f.* wooden plate; **—ring** *m.* wooden ring
hölzern of wood, wooden
homogen' homogeneous
Homogen'kohle *f.* solid carbon
Horde *f.* horde, tribe
Hörer *m.* hearer, auditor
Hörige(r) *m.* slave, serf
Hörigkeit *f.* serfdom
Horizont' *m.* horizon
horizontal' horizontal
Horizonta'le *f.* horizontal (line)
Horizontal'komponent' *n.* **-e,** horizontal component
Hörsaal *m.* lecture hall
Hub *m.* lifting, hoisting, elevation; **—höhe** *f.* lifting height; **—werk** *n.* **-e,** hoisting machine
hübsch pretty, attractive; suitable
huckepack bodily
Hufeisen *n.* **—,** horseshoe; **—form** *f.* horseshoe shape; **—magnet'** *m.* **-e,** horseshoe magnet
hufeisenförmig horseshoe shaped
Hügel *m.* **—,** hill
Huldigung *f.* homage
Hülle *f.* sheath, cover
Hülse *f.* hull, casing
humor'voll humorous
Hundefell *n.* **-e,** dogskin
hundert hundred; **—st** hundredth
Hundert *n.* **-e,** hundred; **—tausend** *n.* **-e,** hundred thousand
Hütchen *n.* **—,** socket, cap
Hütten: —industrie' *f.* iron and steel industry; **—werk** *n.* **-e,** smelter, foundry; **—wesen** *n.* smelting, foundry work
hydraulisch hydraulic
Hydropulsor *m.* hydro-pulsor, water-motor
Hygie'ne *f.* hygiene
hygienisch hygienic
hygroskopisch hygroscopic
Hypothe'kenzins *m.* **-en,** interest on a mortgage
Hypothe'se *f.* hypothesis
hypothe'tisch hypothetical
Hysteresis *f.* hysteresis

I

ideal' ideal
Ideal' *n.* **-e,** ideal, model
Idee' *f.* idea, conception
ideell' ideal; imaginary
identisch identical
i. d. Min., in der Minute per minute
ihr, ihre, ihr her, their, its
ihrerseits in their turn, in its turn
ihrerzeit in their time, in that era
i. J., im Jahre in the year
Illusion' *f.* illusion
illustrieren to illustrate
immer always, ever, continually; **—hin** still, nevertheless
imponderabil' imponderable
Imponderabilien *n. pl.* imponderable substances, imponderables
imponieren to impress deeply
Importeur *m.* **-e,** importer
imposant' imposing
imprägnieren to impregnate
imstande sein to be able
Inbegriff *m.* **-e,** sum, aggregate, epitome
inbegriffen (mit) included
Inbetriebsetzung *f.* putting into operation, starting up
indem while, as, by, in that
indessen meanwhile, however
indifferent' indifferent, neutral
Indifferenz': **—punkt** *m.* **-e,** neutral point, point of indifference; **—stelle** *f.* point of indifference *or* neutrality
Indikator' *m.* indicator
indirekt' indirect
Induktion' *f.* induction; **—spira'le** *f.* induction coil; **—sspule** *f.* induction coil
industrialisieren to industrialize
Industrie' *f.* industry, trade, manufactures
industriell' industrial
Industriel'le *m.* **-n,** manufacturer
induzieren to induce, generate
ineinander in (into) one another, each other
Influenz' *f.* influence, electrostatic induction; **—versuch** *m.* **-e,** electrostatic induction experiment
influieren to influence
infolge in consequence of; **—dessen** consequently
Ing., Ingenieur' *m.* **-e,** engineer; **—ausbildung** *f.* education *or* training of engineers; **—erziehung** *f.* engineering training; **—kunst** *f.* engineering skill *or* art; **—not** *f.* dearth *or* lack of engineers; **—wissenschaft** *f.* engineering science *or* subject
Inhaber *m.* **—,** holder, owner
Inhalt *m.* **-e,** contents, volume, capacity; substance, matter; purport
Initia'le *f.* initial
Initiati've *f.* initiative
inkl., inklusive including
Inklination' *f.* inclination; **—snadel** *f.* inclination needle
Inn *a small stream in Switzerland*
innen within, in, indoors

Innen: —**seite** *f.* inside, inner wall; —**wand** *f.* ¨**e,** inner wall
inner inner, inside; —**halb** inside of, within; —**lich** inner, inward; —**st** inmost
Innere *n.* **-n,** interior
innig intimate, close
insbesondere in particular, especially
Insekt' *n.* **-en,** insect
Insel *f.* island
Inserat' *n.* **-e,** advertisement
insgesamt altogether
insofern in so far (as)
insoweit in so far (as)
Instinkt' *m.* **-e,** instinct
Institut' *n.* institute
Institution' *f.* institution
Instruktor *m.* **-en,** instructor
Instrument' *n.* **-e,** instrument
inszenieren to stage, get up
Integration' *f.* integration
Intellekt' *m.* intellect
Intensität' *f.* intensity; —**sfaktor** *m.* energy factor
intensiv' intens(iv)e; exceedingly
interessant' interesting
Interesse *n.* **-n,** interest; attention
interessieren to interest
international' international
Interval' *m.* (*n.*) **-e,** interval
irdisch earthly, temporal
irgend any, some, at all; —**ein** any (whatsoever); —**welche** any (whatever); —**wo** anywhere, somewhere
irre-führen to mislead
Irreführung *f.* deception
irrig erroneous, false
Irr: —**tum** *m.* ¨**er,** error, mistake; —**weg** *m.* **-e,** wrong way, wandering
Island *n.* Iceland
Isolation' *f.* insulation; —**smaterial'** *n.* insulating material, insulation
Isolator *m.* **-en,** insulator
isolieren to isolate, insulate
Isolierfähigkeit *f.* insulating quality *or* ability
Ita'lien *n.* Italy
Italie'ner *m.* —, Italian
italie'nisch Italian

J

ja yes, indeed
jählings abruptly
Jahr *n.* **-e,** year; —**esleistung** *f.* annual production *or* performance; —**hundert** *n.* **-e,** century; —**million'** *f.* period of a million years; —**tausend** *n.* **-e,** a thousand years; —**zehnt** *n.* **-e,** decade
jahrelang lasting for years; for years
jährig (*with numeral*) years
jährlich yearly, annual
Januar *m.* January
japanisch Japanese
je each, ever; in each case; — . . . —, the — the; — . . . **desto** the — the; — **nach** according to; — **nachdem** according as, accordingly
jedenfalls at all events
jeder each, every, any; —**mann** every one, anybody; —**zeit** at any time
jedesmal every time
jedoch yet, however
jeglich each, every

jeher: von — from time immemorial, at all times
jemals ever
jemand somebody, anyone
jener that, the former
jenseits on the other side of, beyond
jetzig present
jetzt now
Jetztzeit *f.* present time
jeweilig occasional, in each case
Joch *n.* **-e,** yoke, tie-beam
Jod *n.* **-e,** iodine (J)
Jodkalium-Stärkekleister *m.* potassium iodide starch-paste
Joule *n.* joule
Journalist' *m.* **-en,** journalist
Jubiläum *n.* jubilee, celebration
Jugend *f.* youth; **—freund** *m.* **-e,** boyhood friend
jugendlich youthful
Juli *m.* July
jun. junior
jung young, new, recent
jüngst *adv.* lately, recently; **—verflossen** just passed, just elapsed
Juni *m.* June

K

K., Kalium potassium
K. *or* **k., kaiserlich** *or* **königlich** imperial, royal
Kabi'ne *f.* cabin, car
Kabinett' *n.* cabinet, laboratory
Kaffeekanne *f.* coffee pot
Kahn *m.* **¨-e,** canoe, boat
Kaiser *m.* **—,** emperor
kaiserlich imperial
Kakodyl' *n.* cacodyl, alkarsine, $As_2(CH_3)_4$ (*a colorless, poisonous liquid, spontaneously combustible and of disagreeable odor*)
Kal., Kalorie' calorie
Kalifornien *n.* California
Kalk *m.* **-e,** lime (CaO); **—glühofen** *m.* **¨-,** limekiln
Kalkstein *m.* limestone; **—bruch** *m.* **¨-e,** limestone quarry
Kalorie' *f.* calorie
Kalorik *f.* calorics
Kälte *f.* cold, coldness; **—grad** *m.* **-e,** degree of cold; degree below zero; **—laboratorium** *n.* refrigeration laboratory
Kaltstellen *n.* cooling, allowing to get cold
kalzinieren to calcine
Kalziumsulfat' *n.* calcium sulphate ($CaSO_4$)
Kamerad' *m.* **-en,** comrade
Kammer *f.* chamber, room; **—ton** *m.* concert pitch
Kampagne *f.* campaign
Kampf *m.* **¨-e,** combat, struggle; **—lust** *f.* pugnacity; **—spiel** *n.* **-e,** athletic game, contest; **—versuch** *m.* **-e,** trial combat; **—zeit** *f.* period of struggle
kämpfen to fight, struggle
Kampfer *m.* **—,** camphor ($C_{10}H_{16}O$)
Kämpfer *m.* **—,** warrior, fighter, contestant
kampflustig pugnacious
kampfunfähig disabled
Kanada Canada
kana'disch Canadian

Kanal' *m.* ¨**e,** canal; sewer
Kanin'chen *n.* —, rabbit; —**fell** *n.* **-e,** rabbit pelt
Kano'nenschuß *m.* ¨**e,** cannon shot
Kante *f.* edge, border, strip
Kanton *m.* **-e,** canton
Kapazität' *f.* capacity
Kaperkrieg *m.* pirate warfare
Kapillare *f.* capillary tube
Kapillarität' *f.* capillarity; —**serscheinung** *f.* capillary phenomenon
Kapillar'röhre *f.* capillary tube
Kapital' *n.* capital, funds
Kapitalist' *m.* **-en,** capitalist
Kapi'tel *n.* —, chapter; department
Kapsel *f.* capsule, box
Karbonisier'ofen *m.* ¨, carbonizing furnace
Kartenangabe *f.* chart information *or* reading
Kartonstück *n.* **-e,** piece of pasteboard
Kasematte *f.* casemate
Kasten *m.* ¨, box, chest
Katastro'phe *f.* catastrophe, disaster
Kategorie' *f.* category, class
Kathode *f.* cathode; —**nspitze** *f.* end of the cathode
Katzenfell *n.* cat's skin
Kauf *m.* ¨**e,** purchase; —**laden** *m.* ¨, shop, store; —**mann** *m.* (*pl.* —**leute**) merchant; —**preis** *m.* purchase price
kaufen to buy, purchase
Käufer *m.* —, purchaser, buyer
kaum scarcely, hardly
Kautschuk *m.* **-e,** rubber; —**ring** *m.* **-e,** rubber ring
keck bold
Keil *m.* **-e,** wedge
kein no, none; —**erlei** not any, of no sort, no manner of; —**eswegs** by no means
kennen to know, be acquainted with; — **lernen** to become acquainted with
Kenntnis *f.* **-se,** knowledge, information; *pl.* knowledge, culture, education
Kennzeichen *n.* —, sign, mark, indication, token
kennzeichnen to characterize, distinguish
Kennzeichnung *f.* characterization
Kern *m.* **-e,** kernel, core, heart, center
Kerpely name of an inventor
Kerze *f.* candle; —**nflamme** *f.* candle flame
Kessel *m.* —, kettle, boiler; —**betrieb** *m.* boiler operation, boiler work; —**blech** *n.* **-e,** boiler plate; —**speisewasser** *n.* feed water of a boiler; —**steinansatz** *m.* lime deposit (*in a boiler*); —**steinbelag** *m.* lime deposit *or* coating (*in boilers*); —**wasser** *n.* boiler water
Kette *f.* chain, series; warp
kg., Kilogramm kilogram
Kgl., Königlich royal, imperial
Kiellinie *f.* keel line
Kieselsteingerölle *n.* gravel
Kilogramm *n.* kilogram
Kilometer *m.* (*n.*) —, kilometer
Kilowatt *m.* **-s,** kilowatt
Kind *n.* **-er,** child
kindlich childlike
kinetisch kinetic
Kiste *f.* box, chest

klagen to complain
Klang *m.* ¨**e,** sound, tone; —**farbe** *f.* tone color, timbre
klar clear, evident
Klarheit *f.* clearness
Klasse *f.* class; order; —**n-kampf** *m.* ¨**e,** class conflict
klassisch classical
Klavier' *n.* **-e,** piano
kleben to adhere; paste, stick
Klebstoff *m.* adhesive substance, glue
Kleid *n.* **-er,** garment, clothes; —**ergeschäft** *n.* **-e,** clothing store
kleiden to clothe, dress
Kleidung *f.* clothing, clothes
Kleinartillerie' *f.* small artillery
Kleinasien *n.* Asia Minor
Kleinhändler *m.* —, retail dealer
Kleinheit *f.* littleness, minuteness
Kleinigkeit *f.* trifle, detail
Kleister *m.* —, paste, sizing
Klemme *f.* clamp; brush; binding post, terminal; —**nspannung** *f.* terminal voltage
klemmen to pinch, jam, clamp
klimatisch climatic
Klingel *f.* (small) bell
klingen to sound, resound
Klub *m.* **-s,** club; —**haus** *n.* club house
klug intelligent, shrewd
km., **Kilometer** kilometer
kmg., **Meter-Kilogramm,** kilogram meter
Knabe *m.* **-n,** boy; —**nart** *f.* boy fashion
Knall *m.* **-e,** detonation, crack
Kneipe *f.* inn, drinking bout
kneten to knead
knieförmig kneeshaped
knistern to crackle
Knöchel *m.* —, knuckle
Knochen *m.* —, bone; —**kohle** *f.* bone ash
Knorr *name of an inventor*
knüpfen to join, tie, attach; present, bring home
Knute *f.* knout
Kobold *m.* **-e,** goblin, imp
Koch *m.* ¨**e,** cook; —**hitze** *f.* boiling heat; —**salz** *n.* **-e,** common salt, sodium chloride (NaCl); —**salzlösung** *f.* common salt solution; —**topf** *n.* ¨**e,** cooking pot; —**zweck** *m.* **-e,** cooking or boiling purpose
kochen to cook, boil
Köchin *f.* **-nen,** cook
Kohäsion' *f.* cohesion
Kohle *f.* coal, charcoal, carbon; —**narbeiter** *m.* —, coal miner; —**nbedarf** *m.* demand for coal, need of coal; —**nbergbau** *m.* coal mining; —**nbergwerk** *n.* **-e,** coal mine; —**nbürste** *f.* carbon brush; —**ndistrikt'** *m.* **-e,** coal district *or* area; —**nerzeugnis** *n.* coal output; —**nerzeugung** *f.* coal production; —**nexport'** *m.* **-e,** exportation of coal; —**nfaden** *m.* ¨, carbon thread *or* filament; —**nfadenlampe** *f.* carbon-filament lamp; —**nfeld** *n.* **-er,** coal field or district; —**nförderung** *f.* hauling coal to surface, coal production; —**nfracht** *f.* coal freight; —**ngebiet** *n.* **-e,**

coal region; —**ngehalt** *m.* **-e,** amount *or* per cent of coal, carbon content; —**ngräber** *m.* coal digger, miner; —**ngrube** *f.* coal mine; —**nhäuer** *m.* —, coal miner; —**nlager** *n.* —, coal stratum, coal supply; —**nland** *n.* ¨**er,** coal country *or* land; —**nmarkt** *m.* ¨**e,** coal market, coal trade; —**nmenge** *f.* coal supply, quantity of coal; —**nmine** *f.* coal mine; —**npartikelchen** *m.* —, carbon particle; —**nproduktion'** *f.* coal production; —**nsäure** *f.* carbonic acid, carbon dioxide (CO_2); —**nsäuregehalt** *m.* carbon dioxide content; —**nspitze** *f.* carbon point; —**nstab** *m.* ¨**e,** rod *or* stick of carbon; —**nstift** *m.* **-e,** carbon pin, piece *or* bolt; —**nstoff** *m.* carbon; —**nstoffgehalt** *m.* carbon content; —**nstück** *n.* **-e,** carbon piece; —**nwasserstoff** *m.* **-e,** hydrocarbon; —**nwasserstoffgas** *n.* **-e,** hydrocarbon gas; —**teilchen** *n.* —, particle *or* small piece of carbon

kohlenreich rich in coal

Koketterie' *f.* coquetry

Kokon': —**erzeugung** *f.* cocoon production *or* growing; —**faden** *m.* ¨, cocoon thread, spider's web

Koks *m.* —, coke; —**ofengas** *n.* **-e,** coke-oven gas

Kolben *m.* —, piston; end of a cylinder; flask; —**ndampfmaschine** *f.* piston steam-engine; —**lauf** *m.* ¨**e,** piston stroke; —**stange** *f.* piston-rod

Kolleg' *n.* **-s,** lecture course

Kolle'ge *m.* colleague, pal

Kollektor *m.* collector, commutator

Kollisions'gefahr *f.* danger of collision

Kölner *adj. of* **Köln** Cologne

Kolonie' *f.* colony

kolossal' colossal, vast

Kolumbit' *m.* columbite, columbium ore

kombinieren to combine

Komfort *m.* comfort

Kommandant' *m.* **-en,** commander

Kommandoturm *m.* conning tower

kommen to come; occur; — **auf** to cover, be distributed

Kommilitone *m.* **-n,** fellow-student

kommunizieren to communicate

Kommutator *m.* **-en,** commutator; —**teil** *m.* **-e,** commutator part

Kompagnon' *m.* **-s,** partner

kompakt' compact, solid

Kompaß *m.* **-e,** compass; —**nadel** *f.* compass needle

kompensieren to compensate, counterbalance

Kompetenz' *f.* jurisdiction

Komplementär'farbe *f.* complementary color

kompliziert' complicated, intricate

Kompressor *m.* compresser

kompromittieren to compromise

Kondensator *m.* condenser

Kongreß' *m.* **-e,** congress
König *m.* **-e,** king; **—in** *f.* queen
königlich royal, imperial
konisch conical
Konkav'spiegel *m.* **—,** concave mirror
Konkret' *n.* **-e,** concrete
Konkurrent' *m.* **-en,** competitor
Konkurrenz' *f.* competition
können to be able, can
Konsistenz' *f.* solidity
Konso'le *f.* console, truss
konstant' constant
konstruieren to construct
Konstruktion' *f.* construction; **—sregel** *f.* principle of construction; **—ssicherheit** *f.* structural stability
konstruktiv' constructive
Konsul *m.* **-en,** consul
Konsum' *m.* consumption
Kontakt' *m.* contact
Konteradmiral' *m.* **-e,** rear admiral
Kontinent' *m.* continent
kontinuierlich continuous
Kontrolle *f.* control; checking
Kontrolle(u)r *m.* controller
kontrollieren to control, check
Konvex': **—linse** *f.* convex lens; **—spiegel** *m.* **—,** convex mirror
Konzentration' *f.* concentration
konzentrieren to concentrate
Kopf *m.* **¨e,** head, top; **—schraube** *f.* head screw
koppeln to couple, join
Koral'lengrund *m.* coral soil
Kordille'ren *pl.* Cordilleras (*mountain range in S. America*)
Korkscheibe *f.* cork disk
Korn *n.* **¨er,** corn, grain
Körnchen *n.* **—,** granule
Körper *m.* **—,** body, substance, compound; **—atom'** *n.* **-e,** physical atom; **—pflege** *f.* care of the body; **—welt** *f.* material world
körperlich physical
Korporation' *f.* corporation
Korrosion' *f.* corrosion
Körting *name of an inventor*
kostbar precious
kosten to cost
Kosten (*pl. only*) cost expense; **auf —** at the expense of; **—aufwand** *m.* expenditure, cost
kostenlos free of cost, gratuitous
Kostenlosigkeit *f.* freedom from expense, inexpensiveness
kostspielig costly, expensive
Krach *m.* **-e,** crash, (loud) report
Kraft *f.* **¨e,** force, power; **—anlage** *f.* power plant; **—äquivalent'** *n.* power equivalent; **—arm** *m.* **-e,** power arm; **—einheit** *f.* unit of power; **—ersparnis** *f.* **-se,** saving of power; **—erzeugung** *f.* power production; **—gas** *n.* power gas; **—gefühl** *n.* feeling of strength *or* power; **—linie** *f.* line of force; **—liniendichte** *f.* density of lines of force; **—linienzahl** *f.* number of lines of force; **—maschine** *f.* machine; engine, motor; **—maschinenanlage** *f.* machine equipment; **—sammler** *m.* **—,** accumulator, storage bat-

tery; —**übertragung** *f.* power transmission; —**verteilungsanlage** *f.* power distribution plant, distributing station; —**volk** *n.* ¨**er**, mighty race *or* nation; —**wagen** *m.* —, motor car, automobile, truck; —**werk** *n.* power plant; machine; —**wirkung** *f.* dynamic effect; —**zentral'** *n.* power central

kräftig strong, powerful

Kran *m.* ¨**e** *or* **-e**, crane; —**führer** *m.* crane operator; —**mitte** *f.* center of a crane

Krankenpflege *f.* nursing

Krankheit *f.* sickness, malady

Krater *m.* —, crater, pit; —**oberfläche,** *f.* crater surface

kraterförmig crater-shaped

Kreis *m.* **-e**, circle, sphere; realm; —**ring** *m.* **-e**, ring, circle; —**strom** *m.* circular current, circuit; —**umdrehung** *f.* circular turn, revolution

Kreiselpumpenanlage *f.* centrifugal-pump plant

kreisförmig circular

Krempe *f.* edge, border, rim

Kreuzer *m.* —, cruiser

Kreuzfahrer *m.* —, crusader

Kreuzkopf *m.* crosshead

Krieg *m.* **-e**, war; —**führung** *f.* warfare; —**sfahrzeug** *n.* **-e**, war vessel, warship; —**sfall** *m.*: **im** — in case of war; —**sflotte** *f.* navy; —**sgefangene(r)** prisoner of war; —**hafen** *m.* ¨, naval port; —**slage** *f.* war situation, state of war; —**sschauplatz** *m.* **-e**, theater of war; —**sschiff** *n.* **-e**, warship; —**stechnik** *f.* war strategy; —**szeit** *f.* time of war; —**szug** *m.* ¨**e**, campaign

Krieger *m.* —, warrior

kriegerisch warlike, military

Krisis *f.* (*pl.* **Krisen**) crisis

Kristall' *m.* **-e**, crystal

Kriställchen *n.* —, small crystal

kristallisieren to crystallize

kristall'wasserhaltig containing water of crystallization

kritisch critical

Krümchen *n.* crumb; grain

krumm curved, bent; —**linig** curvilinear, crooked

krümmen to bend, twist, curve

Krümmung *f.* bend, curvature; —**smittelpunkt** *m.* **-e**, center of curvature

kryohydratisch cryohydratic

kubik cubic

Kugel *f.* sphere, ball; bulb; —**fläche** *f.* spherical surface; —**gestalt** *f.* spherical shape; —**schale** *f.* spherical surface, bowl; —**spiegel** *m.* —, spherical *or* curved mirror

kugelförmig spherical

kugelig spherical

kühl cool

Kühlanlage *f.* cooling *or* refrigerating apparatus

kühlen to cool, refrigerate

Kühler *m.* cooler, condenser

Kühlmantel *m.* ¨**e**, cooling-jacket

Kühlwasser *n.* cool(er)-water

kühn bold, rash, daring

Kühnheit *f.* boldness, courage

Kultur' *f.* civilization, culture; cultivation, tilling; —**land** *n.* ¨**er**, civilized country; —

leben *n.* civilized life, civilization; —**sieg** *m.* **-e,** triumph of civilization; —**tat** *f.* achievement of civilization

kümmern (sich) to concern oneself, be interested

Kunde *m.* **-n,** customer

Kunde *f.* intelligence, information

künftig future

Kunst *f.* **¨e,** art, skill, cleverness; —**akademie'** *f.* art school; —**form** *f.* artistic form; —**stein** *m.* artificial stone, gem

künstlerisch artistic

künstlich artificial

Kupfer *n.* copper (Cu); —**ausscheidung** *f.* liberation *or* precipitation of copper; —**beschaffung** *f.* supplying *or* obtaining of copper; —**bezug** *m.* copper supply; —**bügel** *m.* copper bow; bent piece of copper; —**draht** *m.* copper wire; —**gewebe** *n.* copper web *or* woof; —**gewinnung** *f.* copper production; —**kosten** *pl.* cost *or* price of copper; —**mine** *f.* copper mine; —**oxyd'** *n.* cupric oxide (CuO); —**platte** *f.* copper plate; —**ring** *m.* **-e,** copper ring *or* coil; —**streifen** *m.* —, strip of copper; —**vitriol'** *m.* blue vitriol, sulphate of copper ($CuSO_4$); —**vitriol'kristall'** *m.* **-e,** crystal of blue vitriol; —**vitriol'lösung** *f.* blue vitriol *or* copper sulphate solution; —**voltameter** *m.* copper voltameter

kupfern *adj.* (of) copper

Kuppel *f.* cupola, dome

kuppelförmig dome-shaped

Kupplung *f.* coupling, union

Kur *f.* cure, treatment

Kurbel *f.* crank, handle; —**welle** *f.* crank-shaft

Kurs *m.* **-e,** course

kurz short; *adv.* in short, briefly; **vor** —**em** recently

Kürze *f.* shortness, brevity; **in** — shortly, soon

kürzlich lately, recently

Kurzschluß *m.* short circuit

Kurzsichtigkeit *f.* shortsightedness

Küste *f.* coast, shore

Kutsche *f.* coach, carriage

Kutschwagen *m.* —, carriage

K V A. kilo-volt-ampere

K W. kilowatt

K W-Std., Kilowatt-Stunde kilowatt hour

L

Laborant' *m.* **-en** chemist

Laboratorium *n.* **-ien,** laboratory; —**sarbeit** *f.* laboratory work *or* exercise; —**sexperiment'** *n.* **-e,** laboratory experiment; —**smessung** *f.* laboratory measurement; —**szweck** *m.* **-e,** laboratory purpose

Labyrinth *n.* labyrinth

lächeln to smile

laden (u, a) to load, charge, invite

Laden *m.* **¨,** store, shop; —**besitzer** *m.* —, shopkeeper, merchant

Laderaum *m.* **¨e,** cargo space, hold

Ladung *f.* load, charge; charging
Lage *f.* position, situation, location, state
Lager *n.* —, bed, stratum, layer; place; store, storehouse
lagern to lie, deposit; be deposited, spread out
lähmen to cripple
Laie *m.* **-n,** layman, novice
Lamelle *f.* lamella
lamelliert' laminated
laminiert' laminated
Lampe *f.* lamp; **—nbeleuchtung** *f.* illumination with lamps; **—nfuß** *m.* lamp stand; **—nsockel** *m.* lamp socket; **—nspannung** *f.* lamp voltage, voltage of a lighting circuit
Land *n.* **¨er,** land, country; shore; **—oberfläche** *f.* land surface; **—smann** *m.* (*pl.* **—sleute**), countryman, compatriot; **—straße** *f.* highway; **—tunnel** *m.* — *or* **s,** land tunnel; **—vermessung** *f.* surveying; **—wirtschaft** *f.* agriculture
landen to land
Länderkomplex' *m.* geographic complex
landesüblich customary
landschaftlich scenic
landsmannschaftlich loyal
landwirtschaftlich agricultural
lang long; **—dauernd** lasting a long time, long; **—e** for a long time, long, by far; **—gestreckt** extensive; **—jährig** of many years' duration; **—sam** slow
Länge *f.* length; longitude; **—nänderung** *f.* change in length
länglich elongated, quite long
längs along
längsschiffs lengthwise of the ship
längst *adv.* by far, long (ago)
Larve *f.* larva, grub
lassen (ie, a) to leave, let, allow, cause (*something to be done*); **sich** — may be, can be
Last *f.* weight, load; **etwas zur — fallen** to become a burden to, become the obligation of; **—arm** *m.* **-e,** load arm; **—größe** *f.* size *or* weight of load; **—haken** *m.* —, grappling hook; **—kette** *f.* (load) chain; **—seil** *n.* **-e,** load-bearing rope *or* cable
lasten to weigh, press down
lateinisch Latin
Laterne *f.* lantern
Lauf *m.* **¨e,** course, current; **—bahn** *f.* career
laufen to run; **—d,** current
Laune *f.* humor, mood
laut loud; *prep.* in accordance with, according to
lauten to sound; state, run
lauter nothing but
lawinenartig like an avalanche
leben to live; **—dig** living; energetic
Leben *n.* life, existence; **—sarbeit** *f.* life work; **—sbedingung** *f.* condition of life, vital necessity; **—sdauer** *f.* duration of life, longevity; **—selement'** *n.* **-e,** vital element; **—sführung** *f.* conduct in life, way of living; **—sgewohnheiten** *pl.* habits

of life; —**sjahr** *n.* year (*of life*); —**smittel** *pl.* food; —**sweise** *f.* manner of living; —**sweisheit** *f.* practical wisdom; —**swerk** *n.* life work

Lebewesen *n.* —, living being, creature, organism

lebhaft lively, active, energetic

Lebhaftigkeit *f.* liveliness, briskness

leck leaking, leaky

Leder *n.* —, leather; —**lappen** *m.* strip of leather

lediglich only, merely

leer empty, vacant

legen to lay, place, put

Legierung *f.* alloy

legitim' legitimate

Legung *f.* laying

Lehr: —**beruf** *m.* instructional work *or* calling; —**buch** *n.* ¨**er,** text book, treatise; —**e** *f.* doctrine, theory; science; apprenticeship; —**er** *m.* —, teacher; —**jahre** *n. pl.* years of apprenticeship; —**ling** *m.* **-e,** apprentice; —**meinung** *f.* dogma

lehren to teach, inform, show

Leib *m.* **-er,** body; **dicht auf den — rücken** to attack fiercely

leibhaftig incarnate

Leiche *f.* corpse

leicht light, easy, slight; —**arbeitend** easy to operate, easy; —**beweglich** mobile; —**flüßig** easily flowing, fluent

Leichtigkeit *f.* ease

leiden to suffer

Leidenschaft *f.* passion

leider unfortunately, alas

leidlich tolerable, middling

leise soft, low, light

leisten to do, perform, provide, give

Leistung *f.* work, performance, accomplishment, service, workmanship; —**seinheit** *f.* unit of work *or* performance; —**sfähigkeit** *f.* efficiency, power; —**smessung** *f.* measurement of work *or* efficiency; —**sschild** *m.* performance plate (*indicating the power* or *efficiency*)

leistungsfähig efficient, productive

leiten to lead, conduct, carry; direct, manage

Leiter *m.* —, leader, head; conductor, wire

Leiter *f.* ladder

Leitung *f.* guidance, management, supervision; conduction, transmission, conduit, line, wire, conductor; current; —**sdraht** *m.* transmission wire; —**sfähigkeit** *f.* conductivity; —**snetz** *n.* network of lines; —**sschnur** *f.* ¨**e,** flexible cord *or* conductor; —**sstab** *m.* conducting rod; —**swiderstand** *m.* current *or* conduction resistance

lenken to guide, direct, turn

lernen to learn; **etwas kennen — to become acquainted with a thing**

lesen to read

Leser *m.* —, reader

Lesezimmer *n.* —, reading room

letzt last; —**er** latter; —**genannt** last named

Leucht: —draht *m.* luminous wire; **—faden** *m.* filament (incandescent electric lamp); **—gas** *n.* **-e,** illuminating gas; **—kraft** *f.* **¨-e,** illuminating power; **—stoff** *m.* **-e,** luminous matter

leuchten to shine, give light; **—d,** luminous, bright

Leute *pl.* people

Leutnant *m.* **-s,** lieutenant

Licht *n.* **-er,** light; **—äther** *m.* light-ether; **—ausbeute** *f.* yield of light; **—bogen** *m.* luminous arc; **—bogengas** *n.* **-e,** gas in the electric arc; **—bogenlänge** *f.* length of an electric arc; **—bogenspannung** *f.* potential of an electric arc; **—brechung** *f.* refraction of light; **—eindruck** *m.* **¨-e,** light impression; **—emission'** *f.* emission of light; **—energie'** *f.* light-energy; **—erscheinung** *f.* light-phenomenon; **—menge** *f.* amount of light; **—quelle** *f.* source of light; **—stärke** *f.* light-strength; **—stoff** *m.* light-substance; **—strahl** *m.* **-en,** light-ray, ray of light; **—streifen** *m.* **—,** streak of light; **—strom** *m.* stream of light; **—verteilung** *f.* distribution of light; **—welle** *f.* light-wave; **—wirkung** *f.* light-effect

lieb dear, cherished, pleasing; **—enswürdig** amiable; **—er** (*as comp. of* **gern**), preferably, rather, more readily *or* freely; **—kosen** to caress

lieferbar to be delivered

liefern to yield, furnish, produce, deliver, afford, supply

Lieferung *f.* delivery, supplying

liegen to lie, be situated, be

Lineal' *n.* **-e,** rule, ruler

Linie *f.* line; **in erster —** primarily, chiefly; **—nschiff** *n.* **-e,** ship of the line, battleship; **—nschiffskreuzer** *m.* **—,** armored cruiser; **—nspektrum** *n.* (*pl.* **-spektra**) (line) spectrum

link *adj.* left; **—s,** *adv.* to the left

Linse *f.* lens; lentil

Liter *n.* **—,** liter

Literatur' *f.* literature

Lob *n.* praise

löblich laudable

Loch *n.* **¨-er,** hole, opening

locker loose, spongy

lockern to loosen

Lockerung *f.* loosening

logisch logical

Lohn *m.* **¨-e,** reward, wages **—zahlung** *f.* pay, wages

lokal' local

Lokomobile *f.* traction engine

Lokomotivbetrieb *m.* running *or* operating of a locomotive

Lokomoti've *f.* locomotive; **—system'** *n.* locomotive system

Lokomotivfeuerbüchse *f.* locomotive firebox

los loose, free

Löschpapier' *n.* **-e,** blotting paper

lose loose, shifting

lösen to loosen, dissolve; solve; sever, throw off

löslich soluble

Löslichkeit *f.* solubility

los-lösen to loosen
Loslösung *f.* separation
los-reißen to tear out, break off
Lösung *f.* solution; **—smittel** *n.* —, solvent; **—swort** *n.* watchword
Lot *n.* **-e,** plumb-line
Lothringen *n.* Lorraine
lotrecht perpendicular
Lötrohr *n.* **-e,** blowpipe
Lötstelle *f.* soldering point
Lübecker of Lübeck (*city in Germany*)
Luchs *m.* **-e,** lynx
Luft *f.* **¨-e,** air; atmosphere; **—abschluß** *m.* exclusion of air; **—ballon'** *m.* **-s,** balloon; **—behälter** *m.* air chamber; **—druck** *m.* **-e,** air pressure; **—hülle** *f.* air covering; **—leitung** *f.* air transmission; **—masse** *f.* air mass; **—puffer** *m.* —, pneumatic buffer; **—pumpe** *f.* air pump; **—reif** *m.* **-e,** pneumatic tire; **—sauerstoff** *m.* oxygen in the air; **—saugbremse** *f.* suction brake; **—schicht** *f.* air stratum; **—stickstoff** *m.* atmospheric nitrogen; **—teilchen** *n.* —, air particle; **—verdichtung** *f.* condensation of air; **—verdünnung** *f.* rarefaction of air; **—zuführung** *f.* air supply
luftförmig gaseous
luftleer void of air, vacuous
lufttrocken dried *or* seasoned in the air
Lunge *f.* lungs
Lunkerstelle *f.* defect in casting, sand-bubble
Lupe *f.* magnifying glass
lüstern to hanker for, long for
lustig gay; **sich über etwas — machen** to make fun of
Luvseite *f.* weather side
Luxemburg *n.* Luxembourg (*grand-duchy adjoining France, Belgium, and Germany*)
Luxus *m.* luxury

M

m., Meter meter
M., Mark mark
machen to make, do; render; **sich daran —** to set about; **zunutze —** to avail oneself of
Macht *f.* **¨-e,** power, force; **—stellung** *f.* powerful position, power
mächtig mighty, powerful, huge
Magazin' *n.* **-e,** magazine, battery
Magnesia *f.* magnesia (MgO)
Magnesium *n.* magnesium
Magnet' *m.* **-e,** magnet; **—bewickelung** *f.* magnet winding; **—eisenstein** *m.* **-e,** magnetic iron ore; **—isierung** *f.* magnetization; **—ismus** *m.* magnetism; **—nadel** *f.* magnetic needle; **—pol** *m.* **-e,** magnetic pole; **—stab** *m.* **¨-e,** magnetic bar; **—system** *n.* magnet system
magnet'elektrisch electromagnetic
magnetisch magnetic
magnetisieren to magnetise
magneto-elektrisch magneto-electric

Mahnruf *m.* **-e,** cry of warning
Mahnung *f.* reminder
Mai *m.* May
Majestät' *f.* majesty
mal time, times
Mal *n.* **-e,** time; **zum ersten —** for the first time
malen to paint, sketch
Mammuth-Anlage *f.* mammoth plant *or* works
man one, they, people
manch many, many a; **—erlei** many, many kinds of, different; **—mal** sometimes, often
Mangel *m.* ¨, lack, scarcity, destitution; defect
mangeln to be wanting, lack
manipulieren to manipulate
Mann *m.* ¨**er,** man; **—schaft** *f.* crew, troops
Männchen *n.* **—,** male
Mannigfaltigkeit *f.* variety, multiplicity
männlich masculine, male
Manometer *m.* (*n.*) **—,** manometer
manövrierfähig capable of manoeuvering
Marine *f.* navy
Mark *f.* mark (*normally about* 24 *cents*)
Mark *n.* pith, core; **—nest** *n.* **-er,** pith *or* core nest
Marke *f.* stamp, trade-mark, sort, brand
markieren to mark
Markt *m.* ¨**e,** market (place)
Marmor *m.* **-e,** marble
Marsch *m.* march
Martin: —flußeisen *n.* Martin cast iron; **—material'** *n.* Martin material *or* steel; **—stahl** *m.* Martin steel
März *m.* March
Masche *f.* mesh
Maschine *f.* machine, engine, apparatus; **—nanlage** *f.* mechanical equipment; **—narbeit** machine work; **—nart** *f.* kind of machine *or* dynamo; **—nbau** *m.* machine construction; **—n-bauschule** *f.* engineering school; **—nbesitzer** *m.* **—,** machine owner; **—neinheit** *f.* machine *or* engine unit; **—nfabrik'** *f.* machine factory, machine works; **—ngattung** *f.* kind of machine *or* mechanical apparatus; **—ngruppe** *f.* group of machines or engines; **—nhalle** *f.* machinery hall *or* building; **—nhändler** *m.* **—,** engine dealer; **—ningenieur'** *m.* **-e,** mechanical engineer; **—nkraft** *f.* mechanical power; **—nschaden** *m.* ¨, damage *or* injury to machinery; **—ntechnik** *f.* (machine) technology; **—nteil** *m.* **-e,** machine-part; **—n- und Betriebsverlust-Versicherung** *f.* insurance against machine- and operating-loss; **—nunfall** *m.* ¨**e,** machine trouble *or* accident; **—nungeheuer** *n.* mechanical monster, huge engine; **—nversicherung** *f.* machine insurance
maschinell' mechanical
maschinenartig mechanical
Maschinist' *m.* **-en,** engineer
Massabagebiet *n.* Massabe region
Masse *f.* mass, quantity; **—ngüter** *pl.* general merchan-

dise; —**nhaftigkeit** *f.* abundance, vastness; —**nhandel** *m.* general commerce, wholesale business; —**nproduktion'** *f.* wholesale production

massiv' massive

Mast *m.* **-e** *or* **-en,** mast; —**schiff** *n.* **-e,** masted ship

Maß *n.* **-e,** measure, measurement, standard, rate, degree, extent; —**einheit** *f.* unit of measure; —**nahme** *f.* measure, precaution; —**stab** *m.* **¨-e,** rule, measure, scale; —**system'** *n.* **-e,** system of measurement

maßgebend decisive, authoritative, of influence; standard

mäßig moderate

Material' *n.* **-ien,** material; —**spannung** *f.* tension *or* bending of material

Mate'rie *f.* matter

Mathematik' *f.* mathematics; —**er** *m.* **—,** mathematician

mathematisch mathematical

matt dull, faint

mauern to wall in, build (of masonry)

Mauerstärke *f.* strength of a wall

Mauerwerk *n.* masonry; —**skonstruktion'** *f.* masonry construction; —**smasse** *f.* mass of masonry

Maulwurfarbeit *f.* excavation work

Maurer *m.* **—,** mason, builder; —**arbeit** *f.* masonry (work)

maximal maximum

Maximum *n.* **-a,** maximum

Mecha'nik *f.* mechanics, mechanism

mechanisch mechanical

mechanisieren to mechanize

Mechanismus *m.* mechanism

Medium *n.* medium

Meer *n.* **-e,** sea, ocean; —**busen** *m.* **—,** bay, gulf; —**esarm** *m.* **-e,** bay, inlet; —**esbecken** *n.* **—,** ocean basin; —**esboden** *m.* ocean floor; —**esgrund** *m.* sea bottom; —**esstraße** *f.* waterway; —**esströmung** *f.* ocean current; —**essturm** *m.* **¨-e,** ocean storm

Mehlbereitung *f.* manufacture of flour

mehr more; —**deckig** of several decks; —**ere** several; —**fach** manifold, multiple; *adv.* repeatedly, on several occasions; —**hundertfach** several hundredfold; —**mals** several times, repeatedly; —**polig** multipolar; —**stellig** of more *or* several places

Mehr: —**aufwand** *m.* increased expenditure; —**heit** *f.* majority; —**phasenstrom** *m.* **¨-e,** multiphase current; —**zahl** *f.* majority

Mehrung *f.* increase

Meile *f.* mile (*Germ. mile* = 7500 *m. or about* 4½ *Eng. miles*)

meilenweit for miles

meinen to think, suppose; mean

Meinung *f.* opinion, view

meist most, mostly; generally; —**ens** mostly, usually

Meister *m.* **—,** master; —**schaft** *f.* mastery, excellence

melden to announce; **sich** — to report
Menge *f.* multitude, quantity, amount, (large) number; —**nverhältnis** *n.* -**se,** quantitative proportion
Menis'kus *m.* -**i,** meniscus; —**oberfläche** *f.* surface of the meniscus
Mensch *m.* -**en,** man, mankind, human being; —**enalter** *n.* —, generation; —**enarbeit** *f.* human labor; —**enfracht** *f.* load of people; —**engeschlecht** *n.* mankind, human race; —**enhand** *f.* hand of man; —**enleben** *n.* life-time; —**enmasse** *f.* mass of humanity; —**enmaterial'** *n.* supply of men; —**enstrom** *m.* stream of humanity; —**enverbindung** *f.* human communication; —**enverlust** *m.* loss of life; —**enzeitalter** *n.* generation; —**heit** *f.* mankind
menschlich human
Meridian' *m.* -**e,** meridian
merkbar perceptible, noticeable
merken to notice, perceive
merklich perceptible, noticeable
Merkmal *n.* -**e,** characteristic, feature
Merkur' *m.* Mercury
merkwürdig remarkable, curious
messen to measure
Messerschmied *m.* -**e,** cutler
Messing *n.* brass; —**blech** *n.* -**e,** brass plate; —**kapsel** *f.* brass capsule or box
Messung *f.* measurement
Meß: —**länge** *f.* length; —**metho'de** *f.* method of measurement
Metall' *n.* -**e,** metal; —**abdruck** *m.* ¨-**e,** metal impression *or* print; —**ausscheidung** *f.* metal precipitation or separation; —**bearbeitungsindustrie'** *f.* metal-working industry; —**blättchen** *n.* metallic leaf *or* foil; —**gewebe** *n.* —, metal web; —**kugel** *f.* metal sphere *or* ball; —**platte** *f.* metal plate *or* foil; —**pulver** *n.* metal powder; —**saite** *f.* metal string; —**salz** *n.* -**e,** metallic salt; —**stäbchen** *n.* small metal rod; —**streifen** *m.* metal strip; —**urgie'** *f.* metallurgy; —**wulst** *m.* ¨-**e,** metal roll *or* pad; —**zylinder** *m.* —, metal cylinder
metallisch metallic
meteorologisch meteorological
Meteor'stein *m.* -**e,** meteoric stone
Meter *m.* (*n.*) —, meter; —**kilogramm** *n.* kilogram-meter
Metho'de *f.* method
Metropo'le *f.* metropolis
mg., Milligramm milligram
Miete *f.* rent
mieten to rent, hire
Mieter *m.* —, tenant
Mietsertrag *m.* ¨-**e,** rent income
Mikroskop' *n.* -**e,** microscope
Milchkuh *f.* ¨-**e,** cow
mild mild, soft
militärisch military

Milliardär' familie *f.* very wealthy family
Milligramm *n.* milligram
Mill., Million' *f.* million
Million' *f.* million
Millionär *m.* **-e,** millionaire
minder less; **—hältig** of lower grade; **—wertig** of inferior value, low-grade
mindestens at least
Mine *f.* mine; **—ndistrikt'** *m.* **-e,** mining district
Mineral' *n.* **-ien,** mineral; **—analy'se** *f.* mineral analysis; **—kohle** *f.* mineral coal
minimal' minimal, slight
Min. Umdr., Umdrehungen pro Minute revolutions per minute
Minute *f.* minute
minutlich per minute
mischen to mix, combine
Mischung *f.* mixture
missen to miss, do without
Mißgeschick *n.* bad luck
mißglückt unsuccessful
mißlingen to be unsuccessful, fail
Mißstand *m.* **¨-e,** abuse
mit with; along
Mitarbeiter *m.* **—,** co-worker, collaborator
miteinander with one another, with each other
mit-fahren to ride with, go with
mit-geben to give to a person to take with him, impart
Mitglied *n.* **-er,** member
mit-helfen to give aid
mithin consequently, therefore
Mitläufertum *n.* going together, coöperation
Mitmensch *m.* **-en,** fellowman
mit-nehmen to take with; carry away; tear to pieces
Mitschwingen *n.* **—,** sympathetic vibration
mit-sprechen to have a voice in the matter, count
Mitte *f.* middle, center
mit-teilen to communicate, give, impart, inform
Mitteilung *f.* communication, information, statement, report, article; transmission
mittel middle, medium, mean
Mittel *n.* **—,** medium, means, agent; mean, average; **—-kraft** *f.* **¨-e,** mean force; **—meer** *n.* Mediterranean Sea; **—meerflotte** *f.* inland-sea fleet; **—meergebiet** *n.* Mediterranean region; **—-meervolk** *n.* **¨-er,** Mediterranean people; **—punkt** *m.* **-e,** central point, center; **—wasser** *n.* mean *or* average flow of water; **—wert** *m.* **-e,** mean *or* average value
mittelbar indirect, mediate
mitt(e)lerweile in the mean time
mittels(t) by means of
mitten (in) in the middle of
mittler middle, central, mean, average
Mit- und Rückversicherungs-Aktien-Gesellschaft *f.* co-operative and re-insurance corporation
mitunter sometimes
Mitwelt *f.* contemporaries
mit-wirken to coöperate, assist in
Mk., Mark mark

mkg., **Meterkilogramm** kilogrammeter
mm., **Millimeter**
möblieren to furnish
Modell' *n.* **-e**, model, pattern; **—schreinerei** *f.* pattern joinery, cabinet making
modern' modern
mögen, mochte, gemocht may, like, can
möglich possible; **möglichst** as possible, as far as possible
Möglichkeit *f.* possibility; **nach** — as far as possible
Mol *n.* **-e**, gram-molecule, gram-molecular weight
Molekel *f.* molecule
Molekül *n.* **-e**, molecule
Molekular': **—kraft** *f.* molecular force; **—theorie'** *f.* molecular theory
Moment' *m.* **-e**, moment, instant
momentan' momentary
Monat *m.* **-e**, month
Mond *m.* **-e**, moon
Montage *f.* setting-up, mounting
Montblanc *m.* Mount Blanc (*second highest mountain in Europe*)
Monteur (=tör) *m.* mounter, installer
montieren to mount, set up
morgen tomorrow
Morgen *m.* —, morning; **—dämmerung** *f.* morning twilight
Mörser *m.* —, mortar
Mosaik'bild *n.* mosaic picture
Moschusratte *f.* muskrat
Motiv' *n.* **-e**, motive, theme
Motor *m.* **-en**, motor; **—bau** *m* motor construction; **—pflug** *m.* motor plow
Mühe *f.* trouble, labor, pains
mühelos easy
Müllerei' *f.* miller's trade
multipel multiple
Multipla (*Latin pl.*) multiples
Multiplikator *m.* multiplicator
Mund *m.* **-e**, mouth; **—vorräte** *pl.* (food) supplies
Mündung *f.* mouth, orifice
Münster *m.* cathedral
murren to murmur, grumble
muschelig shell-like, conchoidal
Musik' *f.* music; **—saal** *m.* (*pl.* **—säle**) music room
Muskelenergie' *f.* muscular energy
müssen, mußte, gemußt must, to have to, be compelled
Muster *n.* model, standard
mutig brave, bold
Mutter *f.* ¨, mother; cavity; nut
mysteriös' mysterious
Mythenbildung *f.* myth fabrication, mythology

N

n., **nach** after, according to
N., **nitrogenium** (*Stickstoff*) nitrogen
Na., **Natrium** sodium
nach to, toward, after, according to, by; — **und** — gradually, little by little
Nachahmung *f.* imitation, copying
nach-dauern to go on, continue
nachdem after, afterward; **je** — according as, accordingly

nachdenklich pensive
Nacheiferung *f.* emulation
nach-folgen to follow; —**d,** subsequent
Nachfolger *m.* —, follower, successor
Nachfrage *f.* inquiry, demand
nach-geben to yield, give way to
nach-gehen to go after, follow
Nachhall *m.* -**e,** resonance
nachher afterwards
nach-kommen to follow, act in conformity with, do
Nachkommen *n.* —, progeny, descendent
nach-lassen to slacken, diminish, cease
Nachricht *f.* news, report, information
nach-rücken to follow up, follow closely
nach-schauen to gaze at
nach-sehen to inspect
nächst next, nearest; —**liegend,** lying nearest, at hand
nach-stehen to follow, be inferior to
nach-strömen to flow (after)
Nacht *f.* ¨-**e,** night; **des** —**s** at night
Nachteil *m.* -**e,** disadvantage, injury, harm
nachteilig injurious, harmful
nächtlich nocturnal
Nachweis *m.* -**e,** proof; —**ung** *f.* proof, demonstration
nach-weisen to point out show, prove, demonstrate
nackt naked, bare
Nadel *f.* needle
Nagel *m.* ¨, nail
nah(e) near, close, direct; in detail; **es liegt** — it is easy or natural; —**legen** to bring up, put before us
Nähe *f.* neighborhood, vicinity
naheliegend closely related
näher nearer, closer; **auf etwas** — **eingehen** to study more exhaustively, examine more thoroughly; —**n** to approach; bring near
nahe-stehen to be closely related to
nahezu almost, nearly
Nahkampf *m.* ¨-**e,** fight at close range
Nahrung *f.* nutriment, food; —**smittel** *n.* —, article of food, food
Naht *f.* ¨-**e,** seam, joint
nahtlos seamless
Name(**n**) *m.* —, name; —**nliste** *f.* list of names
namentlich especially
nämlich namely; of course
Naphthalin' *n.* naphthalene ($C_{10}H_8$)
naß wet, moist
Nation' *f.* nation
National'gericht *n.* national dish
National'konvent' *n.* -**e,** national convention
Natrium *n.* sodium (Na)
Natron *n.* soda (Na_2O)
Natur' *f.* nature, character; —**erkenntnis** *f.* understanding of nature, natural science; —**freund** *m.* naturalist; —**geschichte** *f.* natural history; —**gesetz** *n.* -**e,** natural law; —**heilkunde** *f.* science of the sanative powers of nature; —**kraft** *f.*

¨e, natural force; **—schönheit** *f.* natural beauty; **—wissenschaft** *f.* natural science; **—wunder** *n.* —, prodigy

natur'gemäß naturally

natürl., natürlich natural, naturally

natur'wissenschaftlich physical, scientific; philosophical

n. Chr., nach Christo after Christ

Nebel *m.* —, mist, fog

neben near, beside, besides, along with; **—bei** by the way, incidentally; **—einander** side by side, together; **—her** moreover; **—sächlich** minor, secondary

Nebenerzeugnis *n.* **-se,** by-product

Nebenrolle *f.* subordinate rôle

Nebenschluß *m.* shunt derived circuit; **—lampe** *f.* shunt lamp; **—maschine** *f.* shunt dynamo; **—motor** *m.* shunt motor; **—strom** *m.* induced *or* secondary current; **—wickelung** *f.* shunt winding

Nebenstrom *m.* shunt current; induced *or* secondary current

Nebenton *m.* **¨e,** secondary tone

nebst together with

Neckargemünd *village near Heidelberg*

Neckartal *n.* Neckar valley

negativ' negative

neigen to incline, dip, have a liking for

Neigung *f.* inclination, tendency

nennen to name, call, mention; **—swert** notable, large, important

nernstsch of Nernst, Nernst

Nest *n.* **-er,** nest

nesterbauend nest-building

Netz *n.* **-e,** net, netting; **—spannung** *f.* net tension; line voltage

neu new, recent; **aufs —e** anew, again; **von —em** again, once more; **—artig** new kind of; **—erdings** recently; **—erfunden** newly invented

Neu: —bildung *f.* reformation; **—erscheinung** *f.* reappearance; **—erung** *f.* innovation; **—fundland** *n.* Newfoundland; **—heit** *f.* novelty; **—holland** *n.* New Holland, Australia; **—isolation'** *f.* new insulation; **—wicklung** *f.* new winding; **—zeit** *f.* modern times

Neusilber *n.* German silver; **—draht** *m.* German-silver wire

neutral' neutral, indifferent

Neutralization' *f.* neutralization

nicht not; **—leuchtend** non-luminous; **—s** nothing

Nichtfachmann *m.* non-expert

Nichtleiter *m.* —, non-conductor

Nichtzutreffen *n.* unfulfilment, not proving true

Nickel *n.* (*m.*) nickel; **—draht** *m.* nickel wire; **—preis** *m.* **-e,** price of nickel; **—stahl** *m.* nickel-steel

nie never; **—mals** never; **—mand** nobody, no one

nieder low, lower, secondary;

adv. low, down; **auf und —** up and down
nieder-drücken to press down, depress
nieder-fallen to fall (down)
nieder-lassen to let down; *rzfl.* to settle down, locate
Niederlassung *f.* settlement
nieder-legen to lay down, tear down
nieder-reißen to tear down
Niederschlag *m.* ¨**-e,** deposit, precipitate, precipitation
nieder-schlagen to cast down, precipitate
nieder-schreiben to write down
niedrig low; small; moderate
nieten to rivet
Nietkopf *m.* ¨**-e,** rivet-head
Nildelta *n.* delta of the Nile
nirgends nowhere
Niveau' *n.* **-s,** level; **—unterschied** *m.* difference of level
No., Numero number
noch still, yet, even; nor; **— nicht** not yet; **—mals** once more, again
nord north; **—afrikanisch** North African; **—amerikanisch** North American; **—magnetisch** north magnetic; **—ostwärts** northeastward; **—polar'** north polar
Nord: —amerika *n.* North America, United States; **—deutsch** North German; **—italien** *n.* Northern Italy; **—magnetismus** *m.* north *or* positive magnetism; **—pol** *m.* north pole; **—see** *f.* North Sea; **—südrichtung** *f.* north and south direction
Norden *m.* North
nördlich north(ern)
Norm *f.* norm, standard
normal' normal, regular, average
Normal' *n.* **-ien,** standard; **—druck** *m.* **-e,** normal pressure; **—kerze** *f.* standard candle; **—stimmung** *f.* standard tuning *or* pitch
Normann *m.* **-en,** Norman
Norwegen *n.* Norway
norwegisch Norwegian
Not *f.* need; famine; **—wendigkeit** *f.* necessity
Note *f.* note, mark
notgedrungen forced
nötig necessary; **—en** to oblige, compel; **—enfalls** if necessary
Notiz' *f.* notice, note; article
notwendig necessary, essential
Nr., Numero number
Null *f.* zero, cipher; **—punkt** *m.* **-e,** zero (point); **—punktskalorie'** *f.* zero calorie
nun now, therefore
nunmehr now
nur only, just
Nute *f.* groove, rabbet
nutzbar useful, profitable, productive
Nutzbarmachung *f.* utilization
nutzbringend useful, profitable
Nutzeffekt' *n.* efficiency
nützen to utilize
Nutzen *m.* use, utility; profit, advantage
Nutzleitung *f.* used circuit, effective line
nützlich useful, advantageous
Nützlichkeit *f.* utility, advantage
nutzlos useless

O

O., Oxygenium (*Sauerstoff*) oxygen
ob whether, if
Obelisk' *m.* obelisk
oben above, at the top; **nach** — up, upward; **—erwähnt** above-mentioned
ober upper, higher; **—flächlich** superficial; **—halb** above; **—st** highest
Oberbau *m.* **-e** *or* **-ten,** superstructure
Oberer See *m.* Lake Superior
Oberfläche *f.* surface, area, outside; **—nschicht** *f.* surface layer; **—nspannung** *f.* surface tension
Oberkiefer *m.* —, upper jaw
Oberseite *f.* upper side
Oberton *m.* ¨**-e,** overtone
Oberwasserspiegel *m.* upper water-level
obgleich although
obig above(-mentioned)
Objekt' *n.* **-e,** object
objektiv' objective; unbiased
ob-liegen to attend to, pursue; devolve upon
Obmann *m.* chairman
obschon although
obwohl although
Ochs *m.* **-en,** ox
öde desolate, waste
o. dergl., oder dergleichen or the like
Ofen *m.* ¨**-,** stove, oven, furnace
offen open, public; **—bar** manifest, evident; **—baren** to manifest, reveal
Offenheit *f.* frankness
öffentlich public
Öffentlichkeit *f.* publicity, public
offiziell' official
Offizier' *m.* **-e,** officer
öffnen to open
Öffnung *f.* opening
oft often; **öfter** oftener, more frequently
Ohm *n.* ohm
ohmsch of Ohm, Ohm's
ohne without; **—dies** besides, moreover; **—gleichen** unequaled
Ohr *n.* **-en,** ear
Ökonomie' *f.* economy
Oktave *f.* octave
Öl *n.* **-e,** oil; **—puffer** *m.* —, oil buffer; **—untersuchung** *f.* oil research, analysis
Operation' *f.* operation
operieren to operate
Opfer *n.* —, sacrifice, victim; — **bringen** to make a sacrifice; **—fest** *n.* **-e,** sacrificial feast
opfern to sacrifice; give
Optik *f.* optics
optimistisch optimistic
optisch optical
Orden *m.* —, order, medal
ordnen to arrange, classify, regulate
Organ' *n.* **-e,** organ
organisch organic
Organisation' *f.* organization
organisieren to organize
orientieren to inform, right
Orientierung *f.* orientation, taking bearings
Ornament' *n.* **-e,** ornament
Ort *m.* **-e** *or* ¨**-er,** place, spot; **—schaft** *f.* place, village;

—**sveränderung** *f.* locomotion, change of location
örtlich local
Örtlichkeit *f.* locality
ortsfest stationary
Osmium *n.* osmium; —**lampe** *f.* osmium lamp; —**legierung** *f.* osmium alloy
Ost, Osten *m.* east; —**küste** *f.* east coast; —**see** *f.* Baltic Sea
Österreich *n.* Austria
östlich east(ern)
oval' oval
Oxyd' *n.* **-e,** oxide; —**ations'flamme** *f.* oxidizing flame; —**überzug** *m.* oxide film *or* coating
oxydieren to oxidize
Ozean'dampfer *m.* —, ocean steamer
Ozean'riese *m.* **-n,** ocean giant

P

P., Phosphor phosphorus
paaren to join, unite
paarweise in pairs
pachten to lease
packen to seize, lay hold of
Packmaschine *f.* packing machine
Panzer *m.* —, armor; —**fläche** *f.* armor surface, armor; —**schiff** *n.* **-e,** armored ship
panzern to armor, plate
Papier' *n.* **-e,** paper; —**ebene** *f.* level *or* plane of a paper; —**fabrik'** *f.* paper mill; —**fetzen** *m.* —, scrap of paper; —**maschine** *f.* paper-making machine; —**masse** *f.* paper (pulp); —**schnitzel** *m.* scrap *or* shred of paper; —**streifen** *m.* strip of paper
parabolisch parabolic(al)
paradiesisch delightful
Paradigma *n.* paradigm
Paraffin *n.* paraffin
parallel' parallel
Parallel'schaltung *f.* connection in multiple
paralysieren to paralyse
paraphrasieren to paraphrase
Pardon' *m.* pardon
Pariser Parisian
Paro'le *f.* word, saying
Partei' *f.* part, party
Passa'ge *f.* passage
Passagier'dampfer *m.* passenger steamer
passen to harmonize, blend, suit; —**d,** suitable, timely
passiv' passive
Paste *f.* paste
Patent' *n.* **-e,** patent; —**recht** *n.* patent law
Patriarch' *m.* **-en,** patriarch
Patrio'tenpartei' *f.* patriotic party
Patronat' *n.* patronage
Pech *n.* **-e,** pitch, wax; misfortune
peinigen to torture
peinlich painful; scrupulous
peitschen to whip; stroke
pekuniär pecuniary
Pelz *m.* **-e,** pelt, hide, skin; —**händler** *m.* —, furrier
Pendel *n.* pendulum
pendelartig pendulum-like
pendeln to oscillate
Pennsylvanien *n.* Pennsylvania
Pente're *f.* pentereme (*vessel with five banks of oars*)
per per

Perio'de *f.* period
periodisch periodic
Peripherie' *f.* circumference
permanent' permanent
Permeabilität' *f.* permeability
Person' *f.* person; —**enaufzug** *m.* ¨**-e**, passenger elevator; —**enzug** *m.* ¨**-e**, passenger train
persönlich personal
Persönlichkeit *f.* personality
Perspekti've *f.* perspective, prospect
Perturbation' *f.* perturbation
Perua'ner *m.* —, Peruvian
Pfahl *m.* ¨**-e**, stake, pile
Pfeil *m.* **-e**, arrow, dart
Pfeiler *m.* —, pile, pier, post
Pferd *n.* **-e**, horse; —**eeinkauf** *m.* ¨**-e**, horse purchase; —**e-kraft** *f.* horsepower; —**e-kraftstunde** *f.* horsepower hour; —**stärke** *f.* horsepower
-pferdig *adj.* (of) horsepower
Pflanze *f.* plant
Pflaster *n.* —, pavement; —**stein** *m.* paving stone
pflastern to plaster, pave
Pflege *f.* attention, fostering
pflegen, pflegte, gepflegt to attend to, take care of; to be accustomed to, be wont
pflegen, pflog, gepflogen (*also weak*), to exercise, carry on
Pflicht *f.* duty; —**erfüllung** *f.* performance of duty
Pflug *m.* ¨**-e**, plow
Pfund *n.* **-e**, pound
Phänomen' *n.* phenomenon
phantasie'reich imaginative
Phase *f.* phase, stage; —**n-gleichheit** *f.* being in phase, conformability of phases
phasengleich of like phase
Phosphor *m.* phosphorus (P); —**gehalt** *m.* phosphorus content; —**pentachlorid'** *m.* phosphorus pentachloride (PCl_5)
photographisch photographic
Physik' *f.* physics; —**er** *m.* —, physicist
physikalisch physical
Pianoforte *n.* **-s**, piano
Pilzkammer *f.* fungus chamber
Pilzzucht *f.* fungus culture
Pionier' *m.* **-e**, pioneer
Plan *m.* ¨**-e**, plan, project
planen to plan, project
Planet' *m.* **-en**, planet
Planspiegel *m.* —, plane mirror
Plastizität' *f.* plasticity
Platin *n.* platinum (Pt); —**-deckel** *m.* platinum lid; —**draht** *m.* platinum wire
platt flat; — **drücken** to flatten, level
Platte *f.* plate, slab; foil
Platz *m.* ¨**-e**, place, room; square; seat
platzen to crack, burst
Pleuelstange *f.* connecting rod
plötzlich sudden
Pol *m.* **-e**, pole; —**arität'** *f.* polarity; —**draht** *m.* ¨**-e**, pole wire; —**fläche** *f.* pole surface; —**schuh** *m.* **-e**, pole shoe, polar piece
Pole *m.* **-n**, Pole
polieren to polish
politisch political
poltern to rumble
polymorph' polymorphous, multiform
Polymorphie' *f.* polymorphology

polytechnisch polytechnic
Pore *f.* pore
porös' porous
porzellan'ähnlich porcelain-like
positiv' positive
Posten *m.* —, quarters; lot, parcel
Postulat' *n.* **-e,** demand, claim
Potential' *n.* potential; **—differenz'** *f.* difference in potential; **—gefälle** *n.* drop in potential
Prachtbau *m.* **-bauten** magnificent building
prächtig splendid, magnificent
prachtvoll magnificent, splendid
praktisch practical; in practice
Prämie *f.* premium
Präparatur' *f.* preparation
präsentieren to present
Präsident' *m.* **-en,** president
Praxis *f.* practice, experience; utility, theory
Präzision' *f.* precision
Preis *m.* **-e,** price, cost
preis-geben to abandon
preisgekrönt awarded a prize
Presse *f.* press
pressen to press, squeeze
Preßkolben *m.* —, press piston
preußisch Prussian
prickeln to prickle, sting
priesterlich priestly
Prinzip' *n.* **-ien,** principle
prinzipiell' principle; *adv.* on principle
Prisma *n.* (*pl.* **Prismen**) prism
privat' private, personal
pro for, per
Probe *f.* sample, specimen; **—stab** *m.* **¨e,** test bar; **—streifen** *m.* test strip
Probier'röhre *f.* test tube
Problem' *n.* **-e,** problem
Produkt' *n.* **-e,** product
Produktion' *f.* production, output; **—s'fähigkeit** *f.* productive capacity; **—s'land** *n.* **¨er,** producing country; **—s'tätigkeit** *f.* activity in production
Produktiv'kraft *f.* **¨e,** productive force *or* power
produzieren to produce
Professor *m.* **-en,** professor
Projekt' *n.* **-e,** project, plan
projektieren to project, plan
projizieren to project
Prophet' *m.* **-en,** prophet
Proportion' *f.* proportion; **—al'** *f.* proportional
Prosperität' *f.* prosperity
Protokoll' *n.* **-e,** records, notes
Provinz' *f.* province
Proz., Prozent' *n.* **-e,** per cent
Prozeß' *m.* **-e,** process
prüfen to test, examine
Prüfung *f.* examination, investigation, testing, assay
Prunk *m.* splendor, pomp
P S., Pferde-Stärke horsepower
Psycholog' *m.* **-en,** psychologist
Publikum *n.* public
pulsieren to pulsate
Pulver *n.* —, powder
pulverisieren to pulverize
Pumpe *f.* pump; **—nkolben** *m.* —, pump piston
pumpen to pump
Pumpmetho'de *f.* pumping method
Punkt *m.* **-e,** point
pünktlich punctual

Puppe *f.* chrysalis, pupa
Putzlappen *m.* cleaning rag
Pyrami'de *f.* pyramid

Q

qcm., Quadrat'zentimeter square centimeter
qkm., Quadratkilometer square kilometer
qm., Quadrat'meter square meter
qmm., Quadratmillimeter square millimeter
Quadrat' *n.* **-e,** square; **—fuß** *m.* square foot; **—meile** *f.* square mile; **—meter** *m.* (*n.*) square meter; **—wurzel** *f.* square root; **—zentimeter** *m.* (*n.*) square centimeter
Quadruplextelegraphie' *f.* quadruplex telegraphy
qualitativ' qualitative
Qualitäts'zahl *f.* quality number *or* index
Quantität' *f.* quantity; **—sfaktor** *m.* quantity factor
Quantum *n.* (*pl.* **Quanten** *or* Quanta) quantity
Quarte *f.* fourth (*in music*)
Quecksilber *n.* quicksilver, mercury (Hg); **—bogenlampe** *f.* mercury arc light; **—dampflampe** *f.* mercury vapor lamp; **—dampflichtbogen** *m.* mercury electric arc; **—elektrode** *f.* mercury electrode; **—faden** *m.* mercury thread; **—licht** *n.* mercury light; **—lichtbogen** *m.* mercury electric arc; **—luftpumpe** *f.* mercury air pump; **—oberfläche** *f.* mercurial surface; **—oxyd'** *n.* mercuric oxide (HgO)
Quelle *f.* source; authority
Querschnitt *m.* **-e,** cross section; **—sverminderung** *f.* diminution in cross section
querüber crosswise
Quinte *f.* fifth (*in music*)

R

Rad *n.* **¨er,** wheel
Radioaktivität *f.* radioactivity
ragen to tower
Rahmen *m.*, —, frame; domain
rammen to ram
Rand *m.* **¨er,** edge, rim
Rang *m.* rank, order
rapid' rapid
rasch quick, rapid, hasty
rasend mad
raten to advise
rationell' rational
Rätsel *n.* —, riddle, puzzle
rätselhaft puzzling, mysterious
rauben to rob, deprive
Raubzug *m.* **¨e,** raid, pillaging expedition
Rauch *m.* smoke, fume; **—zimmer** *n.*—, smoking room
rauh rough
rauhen to tease, card
Raum *m*, **¨e,** space, room; **—austeilung** *f.* division into rooms; **—einheit** *f.* unit of volume; **—inhalt** *m.* **-e,** volume; **—teil** *m.* **-e,** volume
räumlich spatial, of space
Räumlichkeit *f.* space, room
rauschen to rush, be noisy
rautenförmig lozenge- (*or* diamond-)shaped
rd., rund approximately

Reaktion' *f.* reaction; effect, result; —**sgleichung** *f.* equation of reaction; —**srad** *n.* ¨**er,** reaction wheel
reaktions'fähig capable of reacting, reactive
real' real, actual
Realisierung *f.* realization
Rechen: —**manipulation'** *f.* arithmetic manipulation; —**maschine** *f.* computing machine; —**transaktion'** *f.* calculation
rechnen to reckon, compute, consider
rechnerisch mathematical
Rechnung *f.* calculation, account, computation; **den Verhältnissen — tragen** to act according to circumstances; **zu etwas — tragen** to give consideration to something
rechnungsmäßig according to calculation, arithmetical
recht right, correct; *adv.* quite, very
Recht *n.* **-e,** right; justice; —**eck** *n.* **-e,** rectangle; —**s-gelehrte(r)** *m.* jurist, lawyer
rechtseitig rectilineal
rechtwinklig right-angled, rectangular
rechtzeitig opportune, punctual
Rede *f.* speech, talk, question, discourse; —**weise** *f.* manner of speech
reden to speak, talk
Reduktion' *f.* reduction; —**s-flamme** *f.* reducing flame
reduzieren to reduce
reell' real, honorable, high-class
Reellität' *f.* honesty, honor
reflektieren to reflect
Reflector *m.* reflector
Reflexion' *f.* reflection; —**sgesetz** *n.* **-e,** law of reflection
Regel *f.* rule; **in der —** as a rule; —**mäßigkeit** *f.* regularity; —**ung** *f.* regulation
regellos irregular
regelmäßig regular
regeln to regulate; rule
regen (sich) to move, spring up
Regen *m.* rain; —**bogenfarbe** *f.* rainbow color; —**zeit** *f.* rainy season
Regierung *f.* government
Region' *f.* region
Registrier'maschine *f.* registering machine
Regulator *m.* regulator; —**-riemen** *m.* regulator belt
regulieren to regulate, adjust
Regulier': —**mechanismus** *m.* regulating mechanism; —**-ung** *f.* regulation; —**vorrichtung** *f.* regulating device; —**werk** *n.* regulating apparatus; —**widerstand** *m.* regulating resistance
reiben to rub, grind
Reiber *m.* —, rubber, exciter
Reibung *f.* friction;—**skupplung** *f.* friction coupling
Reibzeug *n.* rubber *or* cushion (*of an electric machine*)
reich rich, abundant; —**haltig** abundant; —**lich** abundant, profuse, full
Reich *n.* **-e,** empire, realm; —**samt** *n.* ¨**er,** (official) department; —**tum** *m.* ¨**er,** wealth, riches; —**weite** *f.* working radius

reichen to reach, extend
Reif *m.* **-e,** frost
reifen to ripen, mature
Reihe *f.* row, series, succession, rank; **—nfolge** *f.* sequence
reihen to put in a line, range
rein pure, clean; **—igen** to clean, purify
Reinheit *f.* purity, pureness
Reinigung *f.* cleaning, purification
Reise *f.* journey, trip; **—nden-Invasion'** *f.* invasion of travelers
reisen to travel, go
Reisig *n.* brushwood
reißen to tear, pull apart; rush
reizen to excite, tempt
reizvoll fascinating
Rekla'me *f.* advertising, advertisement; — **machen** to boast of one's goods; **—agent** *m.* **-en,** advertising agent; **—artikel** *m.* advertising article; **—kampagne** *f.* advertising campaign; **—klub** *m.* **-s,** advertising club; **—mann** *m.* **-er,** advertising man; **—mittel** *n. pl.* resources for advertising; **—schreiber** *m.* advertisement writer; **—versuch** *m.* **-e,** advertising experiment; **—werk** *n.* advertising work; **—wesen** *n.* advertising
Rekord' *m.* **-s,** record
relativ' relative
Rentabilität' *f.* lucrativeness
Reparatur' *f.* repair(ing); **—kosten** *pl.* repair expenses
reparatur'bedürftig in need of repairs
reparierbar able to be repaired
reparieren to repair
Repräsentant' *m.* **-en,** representative
repräsentieren to represent
Republik' *f.* republic
Requisit' *n.* **-e,** requisite
reservieren to reserve
Resonanz' *f.* resonance
resp., respektiv' respective; or
Rest *m.* **-e,** rest, remains, remainder, residue
restlos entirely
Resultan'te *f.* resultant
Resultat' *n.* **-e,** result, answer
resultat'los without result
resultieren to result
Retorte *f.* retort
retten to save
Rettung *f.* deliverance, relief
Revolution' *f.* revolution
revolutionierend revolutionary
Rezept' *n.* **-e,** recipe
rheinisch (of the) **Rhineland,** Rhenish
Rheostat *n.* rheostat
richten to direct, turn; **sich —** to act, vary; **zu Grunde —** to ruin
richtig right, correct, proper
Richtigkeit *f.* correctness
Richtung *f.* direction; line, course, tendency; respect
Riechstoff *m.* **-e,** odoriferous substance, perfume
Riegel *m.* **—,** bolt; **einen — vorschieben** to put an obstacle in the way
Riemen *m.* **—,** strap; oar; belt
Riese *m.* **-n,** giant, monster; **—nanlage** *f.* mammoth plant; **—nbau** *m.* **-bauten,** gigantic structure; **—n-**

brücke *f.* huge bridge; —**nerzschiff** *n.* -e, huge ore ship; —**ngebäude** *n.* huge building; —**ngefälle** *n.* mighty waterfall; —**ngewicht** *n.* -e, immense weight; —**nkran** *m.* -e, gigantic crane; —**nleistung** *f.* gigantic accomplishment; —**npassagierdampfer** *m.* huge passenger steamer; —**npfeiler** *m.* —, huge column, huge pier; —**nstrom** *m.* ¨-e, large river; —**ntempel** *m.* —, huge temple

riesengroß gigantic, huge

riesenhaft immense, gigantic

riesig gigantic, monster

Riff *n.* -e, reef

Ring *m.* -e, ring; —**anker** *m.* ring armature; —**hälfte** *f.* half ring; —**kampf** *m.* ¨-e, wrestling match; —**wickelung** *f.* ring winding

ringen to wrestle, struggle

ringförmig ring-shaped

ringsherum all around, everywhere

ringsum round about

Risiko *n.* risk

Rissebildung *f.* forming of cracks *or* flaws

Riß *m.* -e, hole, slit, crack

Rival'(e) *m.* -en, rival

rivalisieren to rival, compete

roh raw, crude, rough

Roh: —**eisen** *n.* pig-iron; —**material'** *n.* -ien, raw material

Rohr *n.* -e, tube, pipe; —**loch** *n.* ¨-er, pipe-hole; —**querschnitt** *m.* cross section of a tube; —**wand** *f.* ¨-e, tube wall

Röhrchen *n.* —, small tube; —**wand** *f.* ¨-e, tube wall

Röhre *f.* pipe, tube

Rohstoff *m.* -e, raw material

Rolle *f.* roll, roller, pulley; rôle, part

Roma'nen *pl.* Romance *or* Latin nations

Rombacher *adj.* of Rombach (*city in Lorraine. Pop.* (*1911*) *9870*)

Römer *m.* —, Roman

römisch Roman

Rost *m.* -e, rust; grate

rosten to rust, oxidize

rot red; —**glühend** glowing red

Rot *n.* red; —**bruch** *m.* red-shortness; —**glut** *f.* red heat; —**wein** *m.* red wine

Rotation' *f.* rotation

rotieren to rotate

Routi'ne *f.* routine

Rübe *f.* carrot, beet

Rück: —**bildung** *f.* reconstruction, reestablishment; —**blick** *m.* retrospect, glance backward; —**führung** *f.* leading back, return; —**seite** *f.* back, reverse; —**sicht** *f.* regard, consideration; **auf etwas —sicht nehmen** to have consideration for; —**stoß** *m.* ¨-e, rebound, recoil; —**wand** *f.* ¨-e, back wall, rear wall; —**wirkung** *f.* reaction; —**zahlung** *f.* repayment

rücken to move, draw

rückwarts backward

Ruder *n.* —, oar; —**arbeit** *f.* rowing work, rowing; —**er** *m.* —, rower, oarsman; —**kraft** *f.* rowing power; —**mann-**

schaft *f.* rowing crew; —**schiff** *n.* **-e,** rowing ship, galley; —**schiffsflotte** *f.* fleet of rowing ships *or* galleys
rudern to row
Ruf *m.* **-e,** reputation; rumor
rufen to call, summon
Ruhe *f.* rest, quiet, repose; —**lage** *f.* position of rest, equilibrium; —**pause** *f.* pause (for rest)
ruhen to rest, be quiet; lie; —**d,** quiet, steady
ruhig quiet, still, peaceful, steady
Ruhm *m.* **-e,** glory, praise, fame
rühmenswert praiseworthy
Rühmkorffsch (of) Rühmkorff
rühren to move; originate; —**d,** touching, pathetic
rührig active, alert
Rumänien *n.* Roumania
Rumpf *m.* **¨-e,** body, hull
rund round; in round numbers, about
Rundschau *f.* review, summary
russisch Russian
Rüstzeug *n.* tools, equipment
Ruß *m.* soot; —**schicht** *f.* soot deposit
Rußland *n.* Russia

S

s., sieh see; **s. unten** see below
S., Schwefel sulphur
S., Seite page
Saal *m.* (*pl.* **Säle**) hall
Sache *f.* matter, thing, affair
sachgemäß serviceable, suitable
Sachkenntnis *f.* practical knowledge
sachkundig competent, expert
Sachverständiger expert
Säge *f.* saw
Sage *f.* legend, myth
Sahara *f.* Sahara (desert)
Saison'nest *n.* **-er,** seasonal nest
Saite *f.* String; —**ninstrument'** *n.* **-e,** string instrument
säkular' secular; centennial
Salmiaklösung *f.* salammoniac solution
Salomo Solomon
Salpetersäure *f.* nitric acid (HNO_3)
salpetersaures Silber silver nitrate ($AgNO_3$)
salpetrige Säure *f.* nitrous acid (HNO_2)
salutieren to salute
Salz *n.* **-e,** salt; —**säure** *f.* hydrochloric (muriatic) acid (HCl)
Sammellinse *f.* condensing lens
sammeln to gather, collect, accumulate
Sammlung *f.* gathering, collection
sämtlich all, all together, complete, total
Sand *m.* sand
sanft soft, gentle
sanitär' sanitary
sättigen to saturate, satisfy
Sättigung *f.* saturation; —**s-grenze** *f.* limit of saturation; —**spunkt** *m.* **-e,** point of saturation
Satz *m.* **¨-e,** principle, proposition, saying; sentence; lot, parcel
Sauerbrunnen *m.* —, acidulous spring

Sauerstoff *m.* oxygen (O); **—atom'** *n.* **-e,** oxygen atom; **—menge** *f.* quantity of oxygen
sauerstoffhaltig oxygenated
saugen (o, o) to suck
Sauggasmaschine *f.* (exhaust) gas engine
Saugheber *m.* —, siphon
Säule *f.* column, pillar
Säure *f.* acid
Schacht *m.* **-e,** shaft, pit; **—sohle** *f.* shaft pit
Schaden *m.* ¨, damage, harm, injury; **—ereignis** *n.* mishap, accident; **—fall** *m.* (case of) accident; **—höhe** *f.* amount of damages; **—möglichkeit** *f.* possibility of damage
schadhaft faulty, damaged
schädigen to injure
Schädigung *f.* damage, injury
schädlich injurious
schaffen, schuf, geschaffen (*also weak*), to create, produce, make, do, work, procure, bring
Schafschur *f.* sheepshearing
Schale *f.* dish, bowl, pan
schalkhaft sly, cunning
Schall *m.* **-e,** sound, noise; **—dämpfung** *f.* suppression *or* muffling of sound; **—eindruck** *m.* ¨**e,** sound impression; **—erreger** *m.* —, sound producer; **—strahl** *m.* **-en,** sound ray *or* wave; **—welle** *f.* sound wave
schalten to connect (up), join (up)
Schaltung *f.* putting in circuit, connecting up, connection
schämen (sich) to be ashamed
Schande *f.* shame, disgrace; **zu —n gehen (werden)** to fall in ill repute, be discredited
Schar *f.* troop, crowd
scharf sharp, keen, clear; rigid
Schärfe *f.* sharpness, keenness
schärfen to sharpen
Schatten *m.* shade, shadow; **—seite** *f.* dark side
Schatz *m.* ¨**e,** treasure, wealth
schätzen to esteem, estimate, value
Schätzung *f.* estimate, valuation
schaudern to shudder
Schauer *m.* —, fear, spasm
Schaufel *f.* shovel
Schaufenster *n.* —, show window
Schauspielertruppe *f.* company of actors
Scheck *m.* **-s,** check
Scheibe *f.* disk
scheiden to divide, separate
Scheidewand *f.* ¨**e,** separating wall, partition
Schein *m.* appearance; shine, shining light, gleam; **—kampf** *m.* ¨**e,** mock fight; **—werfer** *m.* search light
scheinbar apparent, seeming
scheinen to shine; seem, appear
scheitern to be wrecked, fail
Schellackfirnis *m.* shellac varnish
Schema *n.* **-s,** model, pattern
schematisch schematic, in accordance with a certain model
Schenkel *m.* —, leg, side, limb, shank

schenken to give, present
Scherz *m.* **-e,** joke
scheuen to scare, frighten; spare
Schicht *f.* layer, stratum, rank
schichten to pile up, stack
Schicksal *n.* **-e,** fate
schieben to shove, push
schief oblique, inclined
Schiene *f.* rail; **—nbahn** *f.* track; **—ngleis** *n.* **-e,** track; **—nstrang** *m.* **¨e,** track; **—nstrecke** *f.* trackway
schießen to shoot
Schießrohr *n.* gun
Schiff *n.* **-e,** ship, boat; **—santrieb** *m.* propulsion of a boat; **—bau** *m.* ship building; **—bauanstalt** *f.* shipbuilding company; **—er** *m.* **—,** skipper, mariner; **—skörper** *m.* ship's body, hull; **—sladung** *f.* cargo; **—spanzerplatte** *f.* ship armor plate; **—srumpf** *m.* ship's hull, boat hull; **—sschraube** *f.* boat propeller, screw; **—steil** *m.* **-e,** part of a ship; **—sverkehr** *m.* ship traffic
Schiffahrt *f.* navigation; **—sfracht** *f.* freightage by boat
Schild *n.* **-er,** signboard, sign, plate; **—erung** *f.* description
schildern to describe, portray
Schlacht *f.* battle, action; **—schiff** *n.* **-e,** warship
Schlacke *f.* slag, dross; **—nwärme** *f.* heat from slag *or* cinders
Schlag *m.* **¨e,** blow, stroke; **mit einem —** at a stroke, all at once
schlagen to strike, beat, kick; churn; defeat
schlecht bad, poor, miserable; **—hin'** simply, merely
Schleife *f.* loop, curve
schleifen to grind, cut; drag
Schleifring *m.* **-e,** collecting ring, slip ring
Schlepphoot *n.* **-e,** tug
schleppen to drag, tow, move
Schleudermaschine *f.* sling, catapult
schleunig prompt, speedy
Schleusenanlage *f.* lock system
schlicht plain, simple; **—en** to adjust, settle
Schlichtheit *f.* plainness, simplicity
schließen to close, shut, lock, embrace, conclude, bind, draw a conclusion; **in sich —** to comprise
schließlich final, conclusive, ultimate
Schließung *f.* closing
Schlosserei' *f.* locksmith's work
schlummern to slumber, rest, lie dormant
Schlund *m.* **¨e,** abyss, pit
schlüpfen to slip, glide
Schluß *m.* **¨e,** close, conclusion, deduction; **zum —** finally, in conclusion; **—ergebnis** *n.* final result; **—prüfung** *f.* final examination
Schlüssel *m.* **—,** key; **—punkt** *m.* **-e,** key, point
schmal narrow, small
Schmalspurlokomotive *f.* narrow-gauge locomotive
schmelzbar fusible
Schmelze *f.* fusion, liquid

schmelzen to melt, fuse
Schmelzpunkt *m.* **-e,** melting point, fusing point
Schmelzung *f.* fusion, liquefaction
Schmelzwärme *f.* fusion heat
Schmerz *m.* **-en,** pain, agony
schmerzlich grievous, severe
Schmetterling *m.* **-e,** butterfly
Schmiede *f.* forge (work)
Schmierung *f.* oiling
Schmierkanal' *m.* **¨-e,** oil feeder, oil-run
Schnee *m.* snow
schneiden to cut, carve
schneidig keen, bold
Schneidigkeit *f.* keenness, boldness
schnell fast, quick
Schnellbremse *f.* fast brake
Schnelligkeit *f.* speed, rapidity
Schnellpost *f.* mail-coach
Scholle *f.* clod, soil
schon already, even; indeed
schön beautiful, fine
schonend careful
Schönheit *f.* beauty
schöpfen to draw, take
Schornstein *m.* **-e,** flue, stack
Schottland *n.* Scotland
schräg oblique, slanting
Schrank *m.* **¨-e,** cupboard
Schranke *f.* barrier
Schraube *f.* screw; **—nschlüssel** *m.* —, screw-key, spanner; **—nspindel** *f.* screw mandrel
schraubenförmig screw-shaped
Schreckruf *m.* **-e,** cry of alarm
Schreib: —er *m.* —, writer, clerk; **—maschine** *f.* typewriter; **—zimmer** *n.* —, writing room
schreiten to step, proceed
Schrift *f.* writing; article
Schritt *m.* **-e,** step, pace
Schubfach *n.* drawer
Schulbildung *f.* education
Schuld *f.* debt, fault, blame; **— an etwas sein** to be the cause of, be to blame for; **— an** due to
schuldig in debt; **— sein** to owe
Schule *f.* school; **hohe —** university
schulen to school, train
Schüler *m.* —, pupil; scholar
Schulzeit *f.* school days
Schuß *m.* **¨-e,** shot; section; **—bereich** *m.* firing range, range
schütteln to shake
schütten to pour, throw (on)
Schutz *m.* protection, shelter; **—zoll** *m.* **¨-e,** protective tariff
schützen to protect, preserve
schwach weak, feeble, slight
schwächen to weaken
Schwächung *f.* weakening, diminution
Schwamm *m.* **¨-e,** sponge
schwanken to fluctuate, vary
Schwankung *f.* fluctuation; ups and downs
Schwankwerke *n. pl.* appliances for moving to and fro
schwänzen to lounge about, miss *or* cut class
schweben to float, hover, hang
Schweden *n.* Sweden
schwedisch Swedish
Schwefel *m.* sulphur (S); **—eisen** *n.* iron sulphide (FeS); **—kohlenstoff** *m.* carbon disulphide (CS_2); **—säure** *f.* sulphuric acid (H_2SO_4); **—**

wasserstoff *m.* hydrogen sulphide (H_2S)
Schweinezucht *f.* breeding of swine
schweißen to weld
Schweiz (die) Switzerland
Schweizer *m.* —, Swiss; *adj.* Swiss
schweizerisch Swiss
schwer heavy, difficult, severe; *adv.* with difficulty; —**beladen** heavily loaded; —**lich** hardly; —**wiegend** serious
Schwer: —**kraft** *f.* ¨**e,** force of gravity, gravity; —**lastkran** *m.* **-e** *or* **-en,** heavy-load crane; —**punkt** *m.* center of gravity; nucleus
Schwere *f.* weight, gravity, seriousness
schwierig difficult, hard
Schwierigkeit *f.* difficulty
schwimmen to swim; float
Schwimmhalle *f.* swimming pool
schwindeln to be dizzy
schwinden to vanish, disappear
schwingen to swing, oscillate, vibrate
Schwingung *f.* oscillation, vibration; —**sbewegung** *f.* oscillatory motion; —**sebene** *f.* plane of oscillation; —**szahl** *f.* number of oscillations
Schwungkraft *f.* centrifugal force
Schwungrad *n.* fly-wheel
sechzig sixty; **die —er Jahre** the sixties
See *f.* sea, ocean; —**bad** *n.* ¨**er,** seaside resort; —**handel** *m.* maritime trade; —**kampf** *m.* ¨**e,** naval battle; —**meile** *f.* nautical mile; —**offizier'** *m.* **-e,** naval officer; —**schlacht** *f.* naval battle; —**stadt** *f.* ¨**e,** seaport; —**ufer** *n.* —, lake shore, seashore; —**wasser** *n.* sea water; —**wesen** *n.* navigation
See *m.* **-n, lake**
Seele *f.* soul
Segel *n.* —, sail; —**dreidecker** *m.* —, three-deck ship; —**kriegstaktik** *f.* naval tactics; —**linienschiff** *n.* **-e,** sailing warship, war vessel; —**schiff** *n.* **-e,** sailing vessel
segeln to sail
Segler *m.* —, sailing vessel
Segment' **-e,** segment; commutator bar
Sehkraft *f.* sight
Sehnsucht *f.* longing
sehnsüchtig longing, eager
Seide *f.* silk; —**nfaden** *m.* ¨, silk thread; —**npapier'** *n.* **-e,** tissue paper
Seil *n.* **-e,** rope, cable; —**rolle** *f.* rope-roll, roller; —**trommel** *f.* (rope) drum
sein, seine, sein his, its; —**erzeit** at that time, in his time
sein, war, gewesen to be; **imstande —** to be able
seit *prep. and conj.* since; —**dem** *adv.* since then; *conj.* since; —**her** since then
Seite *f.* side, page; —**nkraft** *f.* ¨**e,** lateral force; —**nteil** *m.* **-e,** side *or* lateral part; —**nwand** *f.* ¨**e,** side wall
seitens on the part of
seitlich lateral
seitwärts sideways
Sekun'de *f.* second

sekundlich of a second, second's
selber *inten. pro.* self
selbst *pro.* self; *adv.* even; **es versteht sich von** — it is self-understood *or* obvious; **von** — of itself, automatically; **—leuchtend** self-luminous; **—ständig** independent; **—tätig** automatic; **—tragend** self-supporting; **—verständlich** self-understood, obvious; of course
Selbst: **—induktion'** *f.* self-induction; **—leuchten** *n.* self-illumination; **—versicherung** *f.* self-insurance
selbständig independent
selten rare, infrequent, unusual; *adv.* seldom
Seltenheit *f.* rarity, scarcity; curiosity
seltsam singular, curious
Semester *n.* —, semester
senden to send
sengen to singe, scorch
senken to sink, lower
Senkleine *f.* sink-line
senkrecht vertical, perpendicular
sentimental' sentimental
Sep., September September
Septime *f.* seventh (*in music*)
Sergeanzug *m.* **¨-e,** serge suit
Serie *f.* series; **—nmaşchine** *f.* series dynamo; **—nschaltung** *f.* connecting up in series
seßhaft domiciled, settled
setzen to set, place, put; set up, compose
seufzen to sigh, groan
Sexte *f.* sixth (*in music*)
sich self, selves, each other; **für** — in and of itself, independently
sichelförmig sickle-shaped
sicher sure, secure, certain; **—n** to secure; **—lich** certainly; **—stellen** to secure; determine
Sicherheit *f.* safety, certainty; **—slampe** *f.* safety lamp; **—svorrichtung** *f.* safety appliance
Sicherung *f.* security, safety
sichtbar visible
Sichtbarwerden *n.* looming into sight
Siebziger *m.* man seventy or more years old
sieden, sott, gesotten (*also weak*) to boil
Siedepunkt *m.* **-e,** boiling point
Siederohr *n.* **-e,** boiling-tube
Sieg *m.* **-e,** victory
Siegellack *m.* sealing wax; **—stange** *f.* stick of sealing wax
siegen to conquer
Siegeszug *m.* triumphal march
siegreich victorious
Silbe *f.* syllable
Silber *n.* silver (Ag); **—nitrat** *n.* silver nitrate ($AgNO_3$)
sinken to sink, fall
Sinn *m.* **-e,** sense, intelligence, mind; idea, import; view; way, direction; **—eseindruck** *m.* **¨-e,** sense impression; **—esorgan** *n.* organ of sense; **—eswahrnehmung** *f.* mental perception
sinnen to reflect, devise
sinnenfällig perceptible, evident

sinnreich ingenious
Sirup *m.* **-e,** syrup
Situation' *f.* situation
Sitz *m.* **-e,** seat, place
sitzen to sit; be, stay
Skala *f.* **-s,** scale
skandinavisch Scandinavian
Sklave *m.* **-n,** slave; **—narbeit** *f.* slave work; **—ntier** *n.* **-e,** slave animal; **—nwirtschaft** *f.* slavery; **—nzucht** *f.* slavery discipline; **—rei'** *f.* slavery
so so, therefore, as, thus, then
sobald as soon as
Sockel *m.* **—,** socket
Soda *f.* soda, sodium carbonate (Na_2CO_3); **—kristall'** *m.* **-e,** soda crystal; **—stäbchen** *n.* **—,** stick of soda
sodann then, moreover
sodaß in such a way that
soeben just, just now
Sofa *n.* **-s,** sofa
sofort immediately, at once; **—ig** immediate
sog., sogenannt so-called
sogar even
Sohle *f.* bottom, floor
Sohlplatte *f.* sole plate, foundation plate
Sohn *m.* **¨-e,** son
solange as long as
solar' solar
sollen should, ought, to be to, be reported
somit hence, therefore
Sommer *m.* **—,** summer; **—ferien** *pl.* summer vacation
Sonder: —abdruck *m.* separate edition; **—gebiet** *n.* special field; **—kenntnisse** *n. pl.* special knowledge
sondern but
Sonne *f.* sun; **—nblume** *f.* sunflower; **—nenergie'** *f.* sun's energy; **—nfleck** *m.* **-e,** sun spot; **—nhöhe** *f.* zenith; **—nkraftwerk** *n.* **-e,** sunpower-plant; **—nlicht** *n.* sunlight; **—nspektrum** *n.* sun spectrum; **—nstrahl** *m.* **-en,** sunbeam; **—nstrahlung** *f.* sun's radiation; **—nwärme** *f.* solar heat
sonst otherwise, else, formerly; **—ig** other
Sorge *f.* care, anxiety
sorgen to provide for, care
Sorgfalt *f.* care, application, great pains
sorgfältig careful, painstaking
Sorglosigkeit *f.* carelessness
sorgsam careful, attentive
Sorte *f.* sort, kind
sortieren to sort
soviel so much, as much
soweit so far (as)
sowie as well (as), as soon as
sowohl: — als (wie) as well as; both . . . and
sozial' social
Sozialist' *m.* **-en,** socialist
Sozial'politiker *m.* sociologist
sozusagen so to speak
spalten, spaltete, gespaltet *or* **gespalten** to split, divide, disintegrate
Spanien *n.* Spain
Spanier' *m.* **—,** Spaniard
spanisch Spanish
spannen to stretch, expand, bend; put
Spannkraft *f.* **¨-e,** tension, elasticity
Spannung *f.* tension, stress, voltage; **—sabfall** *m.* fall *or*

lowering of potential; —**s-erhöhung** *f.* increase in voltage; —**sregulierung** *f.* regulation of tension; —**sreihe** *f.* contact *or* electromotive series; —**sunterschied** *m.* difference in tension; —**s-verlust** *m.* loss of voltage
sparen to spare, save
sparsam economical, frugal
spät late; —**erhin** later on
Speckstein *m.* soap stone
Speicheldrüse *f.* salivary gland
speisen to feed, maintain
Speisewasser *n.* feed water
Spektral: —**analy'se** *f.* spectral analysis; —**apparat'** *m.* **-e,** spectral apparatus; —**linie** *f.* spectral line
spektral'analytisch spectro-analytic
Spektroskop' *n.* spectroscope
spektroskopisch spectroscopic
Spektrum *n.* (*pl.* **Spektra**) spectrum
Spekulant' *m.* **-en,** speculator
spenden to give, distribute
sperren to close
Spezialist' *m.* **-en,** specialist
spezial'maschine *f.* special machine
speziell' special, especial, particular
spezifisch specific
Spiegel *m.* —, mirror; —**fläche** *f.* mirror surface, smooth surface
spiegeln to reflect
Spiel *n.* **-e,** play, game; **ein — mit etwas treiben** to play a prank with; —**erei'** *f.* play(ing), sport; —**raum** *m.* **¨-e,** playroom; scope
spielen to play, perform; —**d,** *adv.* easily
spinnen to spin
Spira'le *f.* spiral, coil
Spirituslampe *f.* alcohol lamp
Spitze *f.* point, end, top
Sporn *m.* **-e** *or* **Sporen,** spur
Sport *m.* **-s,** sport
Sprache *f.* language
Sprachrohr *n.* **-e,** speaking tube
sprechen to speak, say, talk (to)
sprengen to scatter, disperse
springen to jump, vault
spröde brittle
Sprung *m.* **¨-e,** jump, bound
Spule *f.* spool, bobbin; coil, drum
Spur *f.* trace, track, line
spüren to trace, perceive
spurlos trackless, without a trace
s. S., sieh Seite see page
Staat *m.* **-en,** state, nation; —**sbahn** *f.* state *or* national railway; —**sgebilde** *n.* —, form of government; —**s-ordnung** *f.* national organization; —**szeitung** *f.* state journal, newspaper
staatlich national
Stab *m.* **¨-e,** rod, bar; staff
Stäbchen *n.* —, small rod, bar
Stadt *f.* **¨-e,** city; —**block** *m.* **-s,** city block; —**teil** *m.* **-e,** section of a city, quarter
Städtebild *n.* city outline
städtisch municipal
Stahl *m.* **¨-e,** steel; —**bereitung** *f.* steel manufacture; —**draht** *m.* **¨-e,** steel wire; —**erzeugung** *f.* production of

steel; —**industrie'** *f.* steel industry; —**säule** *f.* steel column; —**spitze** *f.* steel point; —**stab** *m.* ¨**e,** steel bar; —**stäbchen** *n.* —, small steel bar; —**werk** *n.* **-e,** steel plant

Stallung *f.* stable

stammen to descend from, be derived from

Stammherr *m.* founder

Stand *m.* ¨**e,** position, rank, caste, (good) condition; **im —e sein** to be able; **außer —e sein** to be unable; —**punkt** *m.* standpoint, point of view, idea

Ständer *m.* —, post, upright

ständig permanent, constant, continuous

Stapelung *f.* storing (up)

stark strong, violent, heavy, great; thick

Stärke *f.* strength, power; starch; —**kleister** *m.* starch paste

stärkstbeanspruchт most severely strained

starr rigid, inflexible

Statik *f.* statics

Station' *f.* station

stationär' stationary

statisch static

Statistik *f.* statistics; —**er** *m.* —, statistician

statt, anstatt instead of

statt-finden to take place, occur

stattlich magnificent, splendid

Staub *m.* dust; —**teilchen** *n.* —, dust particle

Stau: —**damm** *m.* (stowage) dam; —**see** *m.* reservoir (for water power); —**werk** *n.* **-e,** dam

staunen to be astonished, marvel

Std.-PS., Pferdestärke pro Stunde horsepower per hour

Stechheber *m.* —, plunging siphon

stecken to stick; be; fix, set; shut; incorporate

Stegbruch *m.* ¨**e,** narrow slit

Stehbolze *f.* stay bolt; —**nloch** *n.* ¨**er,** stay-bolt hole

stehen to stand; be

Stehlager *n.* foundation, base

steigen to rise, ascend, increase; descend

steigern to increase, raise; ***refl.*** to rise, increase

Steigerung *f.* increase, rise

steil steep, abrupt

Stein *m.* **-e,** stone, rock; —**arbeit** *f.* stone work; —**kohle** *f.* coal, pit coal, bituminous *or* anthracite coal; —**schnitt** *m.* **-e,** stone carving (cutting)

steinern *adj.* (of) stone

steinig stony, rocky

Stelle *f.* place, point, position, passage

stellen to place, put, set

stellenweise in places, here and there

Stellung *f.* position, place

Stempel *m.* —, stamp, mark

Stengel *m.* —, stalk

sterblich mortal

sternförmig star-shaped

Sternwarte *f.* observatory

stet steady, continuous; —**ig** continual, constant; —**s** always, continually

steuern to steer, pilot

Steuerung *f.* distribution, valve-gear
Stichelei' *f.* taunt
Stickstoff *m.* nitrogen (N)
Stifter *m.* —, founder; giver
Stil *m.* style; magnitude; —**art** *f.* style
still still, quiet; —**en** to still, satisfy; —**legen** to stop; —**liegen** to be at a standstill, be suspended; —**stehen** to be stationary
Stillstand *m.* standstill, stop; suspension
Stimme *f.* voice
Stimmgabel *f.* tuning fork
Stöchiometrie' *f.* stoicheiometry
stöchiometrisch stoicheiometric
stöckig storied
Stockwerk *n.* **-e,** story, floor; —**anzeiger** *m.* floor indicator
Stoff *m.* **-e,** matter, material, substance; —**teilchen** *n.* —, particle of matter; —**verschiebung** *f.* shifting of material
stofflich material
Stoizismus *m.* stoicism
Stollen *m.* —, post, prop; adit, gallery (*in mining*)
stolz proud
Stolz *m.* pride
Stopfbüchse *f.* stuffing box
stören to disturb, upset
Störung *f.* trouble, interruption
Stoß *m.* **¨-e,** push, blow, impact
stoßen to push, hit, thrust; —**auf** to meet, chance upon
Strafe *f.* punishment
Sträfling *m.* **-e,** convict
strafrichterlich criminal court (*used as adj.*)
Straftat *f.* offense
Strahl *m.* **-en,** ray (of light), beam; jet; —**engattung** *f.* sort *or* species of rays; —**ung** *f.* radiation; —**ungsenergie'** *f.* radiation energy; —**ungsingenieur'** *m.* **-e,** radiation engineer
Straße *f.* street; —**nbahn** *f.* street railway; —**nbahnwagen** *m.* —, street railway car; —**nbahnzentral'** *f.* street-railway central; —**nbauer** *m.* —, street builder; —**nniveau'** *n.* street level; —**npflaster** *n.* —, pavement; —**nverkehr** *m.* street traffic
Strateg' *m.* **-en,** strategist
strategisch strategic
streben to strive, aspire
Strecke *f.* stretch, distance, section, line
strecken to stretch, spread
Streich *m.* **-e,** stroke; —**holz** *n.* **¨-er,** match
streichen to stroke, rub
Streifen *m.* —, strip, stripe, streak
Streik *m.* **-s,** strike
streitig disputed, contested
Streitigkeit *f.* dispute
streng strict, severe
Strohhalm *m.* **-e,** straw
Strom *m.* **¨-e,** stream, river; current; —**feld** *n.* current *or* electric field; —**gebiet** *n.* **-e,** river-basin; —**impuls'** *m.* **-e,** current impulse; —**kreis** *m.* (current) circuit; —**leiter** *m.* —, conductor; —**leitung** *f.* current conduction, conduc-

tor, transmission; —**phänomen'** *n.* current phenomenon; —**pulsation'** *f.* current pulsation; —**quelle** *f.* source *or* origin of a current, battery, dynamo; —**richtung** *f.* direction of a current; —**schnelle** *f.* rapids, fall; —**stärke** *f.* current strength; —**verbrauch** *m.* current consumption; —**wärme** *f.* current heat

strömen to stream, flow

stromlos without current

Strömung *f.* current, stream, flow, convection

Stuck *m.* stucco

Stück *n.* **-e,** piece, bit; —**chen** *n.* —, small piece, particle

Student' *m.* **-en,** student; —**enwohnhaus** *n.* **¨-er,** student dormitory; —**enzeit** *f.* college life

Studienreise *f.* study trip

studieren to study

Studium *n.* (*pl.* **Studien**) study, university course

Stufe *f.* step, rung, grade, plane, degree; —**nschalter** *m.* switch, controller

stufenweise gradual, by steps

Stunde *f.* hour

stundenlang for hours

Sturm *m.* **¨-e,** storm

stürmen to storm, rush

stürzen to fall, tumble

Sturzwellen *pl.* breakers

Stuttgarter of Stuttgart

Stütze *f.* support

stützen to support; **sich auf etwas** — to depend on, be based on

Sublimation' *f.* sublimation

sublimieren to sublimate

Substanz' *f.* substance, matter; —**menge** *f.* amount of substance

suchen to seek; try, endeavor

Süd: —**amerika** *n.* South America; —**en** *m.* South; —**küste** *f.* south coast; —**magnetismus** *m.* south *or* negative magnetism; —**pol** *m.* **-e,** south pole; —**polarland** *n.* **¨-er,** antarctic region; —**spitze** *f.* southern point; —**wales** South Wales

süditalienisch South Italian

südlich southern, south

südmagnetisch south magnetic

südpolar' south polar

suggerieren to influence

Summe *f.* sum, total

summen to buzz, hum

Superior-See *m.* Lake Superior

süß sweet

Symbol' *n.* **-e,** symbol

symbo'lisch symbolic

Symphonie' *f.* symphony

synchron' synchronous; —**isieren** to synchronize

Synthe'se *f.* synthesis

System' *n.* **-e,** system

T

t., Tonne ton

T., Teil part

tadellos faultless, blameless

Tag *m.* **-e,** day; **an den** — **legen** to disclose; **zum heutigen** — up to the present; —**esgespräch** *n.* topic of the day; —**eshelle** *f.* brightness of day; —**eslicht**

n. daylight; **—eszeitung** *f.* daily paper
täglich daily
Takt *m.* **-e,** time, measure
Taktik *f.* tactics
Tal *n.* **¨er,** valley, depression; **—sperre** *f.* dike *or* dam across a valley for the stoppage of water; **—sperrenbau** *m.* dam construction
Talg *m.* **-e,** tallow
Talk *m.* talc
Tangente *f.* tangent; **—nbussole** *f.* tangent compass
Tank *m.* **-e** *or* **-s,** tank
Tantal *n.* tantalum (Ta); **—it'** *m.* tantalite, tantalum ore; **—lampe** *f.* tantalum lamp
tapfer brave, bold, heroic
Tapferkeit *f.* bravery
Taschenspieler *m.* **—,** juggler
Tat *f.* act, deed, exploit; **in der**—indeed;—**sache** *f.* fact
tätig active, busy; employed
Tätigkeit *f.* activity, action; work, employment, occupation; **—sfeld** *n.* field of action, place of work
tatsächlich actual, real
Tau *m.* **-e,** dew
tauchen to dip, plunge, immerse
Taucher *m.* **—,** diver
Taufe *f.* christening
taufen to christen
tauglich good, fit, appropriate
tauschen to exchange
täuschen to deceive, cheat
Täuschung *f.* deception, illusion
tausend thousand; **—fach** thousand-fold, thousand times;—**mal** thousand times
Tausend *n.* **-e,** thousand
Taybrücke *f.* Tay bridge (*in Scotland*)
Tech'nik *f.* technics, technology; **—er** *m.* **—,** technician, engineer
technisch technical
Technologie' *f.* technology
Teekanne *f.* teapot
Teer *m.* **-e,** tar
Teich *m.* **-e,** pond
Teil *m.* **-e,** part, portion; **zum —** partly, partially; **zum großen —** largely; **—barkeit** *f.* divisibility; **—chen** *n.* **—,** particle; **—ung** *f.* division, separation; scale, dial, indicator
teil: **—bar** divisible; **—en** to divide; share; **—haft** participating; **—nehmen** to take part, participate in; **—s** partly; **—weis(e)** partial; *adv.* partly
Telegraphenstation' *f.* telegraph office *or* terminal
Telegraphie' *f.* telegraphy
Telephon' *n.* **-e,** telephone; **—ie'** *f.* telephony, the telephone
Tempel *m.* **—,** temple; **—bau** *m.* **-ten,** temple structure
Temperatur' *f.* temperature; **—erhöhung** *f.* rise in temperature; **—erniedrigung** *f.* lowering of temperature; **—koeffizient'** coefficient of temperature; **—schwankung** *f.* fluctuation of temperature; **—sinn** *m.* sense of temperature; **—wechsel** *m.* **—,** change of temperature
Tendenz' *f.* tendency

Terrain' *n.* **-s,** ground; country
Terrakotta *f.* terra cotta
Terz *f.* third (*in music*)
teuer dear, costly
Text *m.* **-e,** text, inscription
Textil'industrie' *f.* textile industry
Thea'ter *n.* —, theater
Themse *f.* Thames (river)
theoretisch theoretical
Theorie' *f.* theory
thermisch thermal
Thermo: —chemie' *f.* thermochemistry; **—meter** *m.* (*n.*) thermometer; **—strom** *m.* thermo- *or* heat-current
Thoroxyd' *n.* thorium oxide
tief deep, low
Tiefe *f.* depth, deep; **—nmanometer** *n.* sea gauge
tiefgehend profound
Tiefseelotung *f.* deep-sea sounding
Tiegel *m.* —, pot, crucible
Tier *n.* **-e,** animal; **— zähmung** *f.* taming of animals
Tinte *f.* ink
Tisch *m.* **-e,** table
Titel *m.* —, title, heading
Tochter *f.* ¨, daughter
Tod *m.* **-e,** death; **—esverachtung** *f.* contempt of death
todesmutig death-defying
Tomatenkultur *f.* tomato growing *or* raising
Ton *m.* **-e,** clay, terra cotta
Ton *m.* ¨, tone, strain; **—erreger** *m.* —, tone producer; **—höhe** *f.* pitch of tone, tone pitch; **—leiter** *f.* scale (*in music*); **—verstärkung** *f.* strengthening of tone
Ton *n.* **-s,** ton
tönen to sound
Tonne *f.* tun, cask; ton
Tonzylinder *m.* earthern cylinder
Torpedo *m.* **-s,** torpedo; **—boot** *m.* **-e,** torpedo boat; **—bootsangriff** *m.* **-e,** torpedo-boat attack; **—waffe** *f.* torpedo
Torsion'wattmeter *m.* torsion wattmeter
tot dead
töten to kill
Tourenzahl *f.* number of revolutions
träge lazy, dull
tragen to carry, bear, support, wear
Träger *m.* —, carrier, bearer
tragfähig capacious
Trag: —fähigkeit *f.* carrying power, capacity; **—kraft** *f.* ¨**e,** carrying power; **—weite** *f.* range, importance
Trägheit *f.* inertia
Trajekt': —bahn *f.* ferry line; **—verkehr** *m.* **-e,** ferry, ferry traffic
tränken to water, saturate
Transformator *m.* **-en,** transformer
Transmission' *f.* transmission; **—s'anlage** *f.* transmission plant *or* equipment
Transport' *m.* **-e,** transport(ation); **—kahn** *m.* ¨**e,** barge, scow
transportieren to transport
transversal' transversal
trauern to mourn
Traum *m.* ¨**e,** dream
treffen to strike, meet, decide upon, make; **—d,** striking, clear; **—derweise** strikingly

treiben to drive, impel, force, push; practise
Treib: —rad *n.* ¨**er,** drive wheel; **—schiene** *f.* drive rail
trennen to separate, divide
Trennung *f.* separation, division; decomposition
Treppe *f.* staircase, stairs; **—nsteigen** *n.* climbing of stairs
treppenförmig step-like
treten to step, advance, come, pass; be added *or* joined
treu faithful, loyal
Tribut' *m.* tribute
Triebscheibe *f.* driving disk
Trie're *f.* trireme (*boat with three banks of oars*)
Trinkwasser *n.* —, drinking water
Triumph' *m.* **-e,** triumph
trocken dry
Trock(e)ne *f.* dryness
Trockenelement' *n.* **-e,** dry battery
Trockenheit *f.* dryness, drought
Trockenzweck *m.* **-e,** drying purpose
trocknen to dry, desiccate
Trommel *f.* drum, barrel; **—anker** *m.* drum armature; **—fell** *n.* **-e,** eardrum
Trompe'te *f.* trumpet
tropfbar liquid, fluid
Tropfen *m.* —, drop
tropisch tropical
trotz in spite of; **—dem** nevertheless; although, in spite of the fact that
Trotz *m.* defiance; — **bieten** to defy
Trümmer *pl.* ruins, fragments
Truppen *pl.* troops
Tuch *n.* ¨**er** (piece of) cloth
tüchtig clever, capable
Tüchtigkeit *f.* skill, ability
Tücke *f.* spite, whim, caprice
tummeln (sich) to keep on the go
tun to do, make, perform; **—lich** possible, convenient
Tunnel *m.* — *or s,* tunnel; **—frage** *f.* tunnel problem; **—verbindung** *f.* tunnel connection
Tür(e) *f.* door; **—schließer** *m.* —, door cushion (*pneumatic*)
Turbi'ne *f.* turbine; **—nanlage** *f.* turbine equipment; **—ndeckel** *m.* —, turbine cap; **—nkreuzer** *m.* —, turbine cruiser; **—nwesen** *n.* turbine industry *or* matters, realm of the turbine
Turm *m.* ¨**e,** tower, turret; **—aufzug** *m.* ¨**e,** tower elevator; **—bau** *m.* tower structure; **—gebäude** *n.* —, tower building
turnerisch gymnastic, athletic
Turn: —saal *m.* (*pl.* **—säle**) gymnasium; **—spiel** *n.* **-e,** gymnastic game *or* exercise
typisch typical
Typus *m.* (*pl.* **Typen**) type

U

u., und and
u. a., unter anderen among others
u. a. m. unter anderen mehrere among others
übel evil, bad; **—duftend** ill-smelling; **—riechend** ill-smelling, unsavory

Übelstand *m.* evil, drawback
üben to practise, exercise; exert
über over, above, concerning, by way of; —**all** everywhere; —**aus** exceedingly; —**einander** above one another; —**flüßig** superfluous, useless; —**haupt** in general, at all, on the whole, any way, really; —**kompoundiert** super-compounded; —**legen** superior (to); —**mäßig** excessive; —**mütig** haughty; —**schüssig** left over, surplus; —**schwenglich** extravagant, boundless; —**seeisch** trans-oceanic, over-sea; —**sichtlich** easy to survey, comprehensible; —**trieben** excessive
überbieten to surpass, outdo
Überblick *m.* general view, survey
überbrücken to bridge over
übercompoundiert over-compounded
überdauern to outlast
überdecken to cover over, spread over
über-decken to cover over
Überdruck *m.* ¨**e**, excess pressure, super-tension
überein-stimmen to agree (with), harmonize, correspond to
Übereinstimmung *f.* conformity, harmony
überflügeln to surpass, outdo
Überfluß *m.* superfluity, abundance
über-führen to transfer
Übergang *m.* ¨**e**, transition
übergeben to give over, deliver
über-gehen to go over (to), change into; proceed
überhäufen to load, overwhelm
Überhaus *n.* ¨**er**, super-house
überhitzen to overheat, superheat
überkälten to overcool, reduce below freezing point
Überlandflug *m.* ¨**e**, overland flight
überlassen to leave, abandon, resign
Überlegenheit *f.* superiority; preponderance
Übermacht *f.* superior force
Übermaß *n.* -**e**, excess
übernehmen to take, take over, accept, receive; assume
Überprüfung *f.* superficial examination
überraschen to surprise
überreichen to present
überschätzen to overestimate
überschlagen to jump over, leap across; pass rapidly over
überschreiten to go beyond, overstep, exceed
Überschreitungserscheinung *f.* phenomenon caused by exceeding *or* overstepping
Überschuß *m.* surplus, excess, remainder
Überschwemmungsgebiet *n.* -**e**, flooded area
übersetzen to translate
Übersicht *f.* survey, summary
über-siedeln to emigrate, remove, move
überspannen to span
über-springen to spring over, leap across
übersteigen to cross over, exceed, surpass

übertragen to transmit, transfer
Übertragung *f.* transmission
übertreffen to surpass, excel
Übertreibung *f.* exaggeration
Übertretung *f.* transgression
Übertritt *m.* **-e**, transition
überwachen to superintend
Überwachung *f.* supervision
überwältigen to overpower
überwiegen to outweigh, preponderate
überwinden to overcome, conquer, surpass
Überwindung *f.* overcoming, victory
überwölben to overarch, vault
überzeugen to convince
überziehen to cover, coat
Überzieher *m.* —, overcoat
Überzug *m.* covering, coating
üblich usual, customary, in (general) use
übrig remaining, rest, over, left, other; — **bleiben** to remain over, be left; **im —en** moreover; **—ens** moreover
Übung *f.* exercise; practice; study
u. dergl., und dergleichen and the like
u. dgl. mehr, und dergleichen mehr and the like, and so forth
u. f., und folgendes and the following
Ufer *n.* —, bank, shore
Uhr *f.* clock, watch, o'clock; **—gläschen** *n.* watch crystal; **—werk** *n.* **-e**, clockwork
um around, about, by; — **zu** + *inf* in order to; — **so mehr** so much the more
Umänderung *f.* transformation
um-biegen to bend back, round
Umbogen *m.* ¨, curve, elbow
umdräut threatened
Umdrehung *f.* turn, revolution; **—szahl** *f.* number of revolutions
umfahren to drive around; circumnavigate
Umfang *m.* ¨**e**, circumference, size, extent, volume
umfassen to embrace, clasp, include; **—d**, comprehensive, extensive, capacious
umgeben to surround
Umgebung *f.* surroundings, vicinity
um-gehen to go about
umgekehrt inverse, converse, reverse; vice versa
um-gestalten to transform
um-gießen to pour from one vessel into another
umgreifen to embrace
umher-schweifen to roam about
umher-wandern to wander about
Umhüllung *f.* wrapping, casing
um-kehren to turn around, reverse, invert
Umkehrung *f.* overthrow, reversal
Umkehrwalzenzugmaschine *f.* rolling mill reversible steam engine
um-kleiden to dress, adorn
Umkleidung *f.* dress, ornament
Umladung *f.* unloading and reloading
Umrahmung *f.* framing
umschließen to surround, enclose

umschmolzen covered over
um-setzen to transpose, transform
Umsetzung *f.* transformation
umsichtig cautious, prudent
umspannen to encompass
Umstand *m.* ¨**e,** circumstance, condition
Umsteigerei' *f.* transferring and changing
Umwälzung *f.* revolution, radical change
um-wandeln to transform
Umwandlung *f.* transformation
Umweg *m.* roundabout way
um-wenden to turn over
umwickeln to wrap *or* wind around
Umwickelungsstelle *f.* wrapping place
Umzug *m.* change of residence
unabänderlich immutable
unabhängig independent
unachtsam careless, heedless
Unachtsamkeit *f.* carelessness
unangenehm unpleasant
Unannehmlichkeit *f.* inconvenience, annoyance
unausführbar impracticable
unausgenutzt unutilized, unexploited
unausgesetzt constant
unbarmherzig merciless
unbedeutend insignificant, trivial, unimportant
unbedingt unconditional, absolute
unbefangen unprejudiced, unbiased
Unbegreiflichkeit *f.* mystery
unbegrenzt unlimited, infinite
unbehilflich helpless
unbekannt unknown
unbequem uncomfortable, troublesome
unbestreitbar incontestable
unbeträchtlich inconsiderable, small
unbeweglich immovable, fixed
unbotmäßig insubordinate
unbrauchbar useless
undankbar ungrateful
undenkbar inconceivable
Undichtigkeit *f.* leakiness
undurchdringlich impenetrable
undurchsichtig opaque
uneben uneven
unehrlich dishonest, unreliable
unelastisch inelastic
unelektrisch non-electric, unelectrified
unempfindlich numb, not sensitive
Unempfindlichkeit *f.* insensibility, apathy
unendlich infinite, endless
unentbehrlich indispensable
unentgeltlich free of charge
unentwegt steadfast
unerfahren inexperienced
unerheblich inconsiderable
unerhört unheard of
unerklärlich inexplicable
unerläßlich indispensable
unermüdlich untiring, indefatigable
Unermüdlichkeit *f.* indefatigableness
unerreichbar unattainable
unerschöpflich inexhaustible
unerschütterlich firm, immovable
unerwartet unexpected
unfähig incapable, unfit

Unfall *m.* ¨**e,** disaster, mishap, accident; —**versicherung** *f.* accident insurance
unfaßbar intangible, incomprehensible
unfreiwillig involuntary, compulsory
ungangbar impassable
Ungar *m.* **-n,** Hungarian; —**n** *n.* Hungary
ungeachtet in spite of, regardless of
ungebändigt unsubdued
ungebührlich unjust
ungefähr about, approximately
ungehärtet unhardened, untempered
ungeheuer immense, huge; —**lich** monstrous, enormous
ungehindert unhindered
ungemein uncommon, unusual; — **groß** enormous
ungemessen excessive; **ins** —**e** excessively, enormously
ungesättigt unsated, not saturated
ungeschwächt unimpaired
ungestraft with impunity
Ungewißheit *f.* uncertainty
ungewöhnlich unusual, extraordinary
ungewohnt unaccustomed to, unwonted, unusual
ungezählt uncounted
unglaublich unbelievable, incredible
ungleich unlike, unequal; —**mäßig** not uniform, irregular; —**namig** unlike-named, unlike
Unglück *n.* (*pl.* —**sfälle**) misfortune, disaster; —**sprophet'** *m.* **-en,** prophet of evil
ungünstig unfavorable, disadvantageous
unhaltbar untenable
uninteressant' uninteresting
Union' *f.* union; —**staat** *m.* **-en,** state of the union
unitarisch unitary
Universität' *f.* university
unklar not clear; **im Unklaren** in the dark
Unkosten *pl.* (huge) costs, expenses; —**konto** *n.* **-s,** expense account
unkundig unacquainted with
unlängst not long ago
unlöslich insoluble
unmagnetisch non-magnetic, not magnetized
Unmasse *f.* vast quantity
unmerklich imperceptible, unnoticeable
unmeßbar immeasurable
unmittelbar immediate, direct
unmöglich impossible
unnötig unnecessary
unpraktisch impracticable
unrecht wrong
Unrecht *n.* **-e,** wrong, injustice
unregelmäßig irregular
unreif immature
unrichtig incorrect, false
unruhig unsteady
unschädlich harmless
unschmelzbar infusible
unschwer not difficult, easy
unsicher uncertain
Unsicherheit *f.* uncertainty
unsichtbar invisible
unstät restless
unstreitig indisputable
untätig inactive, unemployed
untauglich useless, worthless

unten below, beneath, down; **nach** — downward
unter under, among, by, at, with; *adj.* lower
Unterbau *m.* substructure
unterbrechen to interrupt, discontinue
unter-bringen to accommodate, place
unterdes(sen) meanwhile
untereinander mutually, among themselves
unterfahren to run under
Untergang *m.* **¨-e,** sinking, ruin
untergeordnet subordinate
unterhalb below
Unterhaltung *f.* conversation; **—skosten** *pl.* cost of upkeep
Unterhandlung *f.* negotiation
unterirdisch subterranean, subsoil
unterjochen to enslave
Unterkunft *f.* shelter
Unterlage *f.* support, foundation, base
unterliegen to succumb
unternehmen to undertake, attempt
Unternehmer *m.* **—,** contractor, speculator, employer; **—tum** *n.* employers, contractors
Unternehmung *f.* undertaking, enterprise; **—slust** *f.* spirit of enterprise
Unterricht *m.* instruction, lecture; **—sanstalt** *f.* educational institution; **—sbetrieb** *m.* educational system; **—smetho'de** *f.* method of instruction; **—splan** *m.* plan of instruction; **—sverfahren** *n.* method of instruction
unterrichten to inform, apprise
unterschätzen to underestimate
unterscheiden to distinguish, differentiate
Unterscheidung *f.* distinction, differentiation
Unterschied *m.* **-e,** difference, distinction
Unterseeboot *n.* **-e,** submarine boat; **—skommandant'** *m.* submarine boat commander; **—wesen** *n:* **—,** submarine boat activity
unterseeisch submarine
unterst lowest, nethermost
unterstehen to submit to
unterstützen to support, aid
Unterstützung *f.* support, assistance
untersuchen to investigate, examine, analyze, test
Untersuchung *f.* investigation, analysis, research
untertänig humble
unter-tauchen to submerge, dip, immerse
unterteilen to divide
Untertunnelung *f.* undertunneling
Unterwasser: —probefahrt *f.* submarine trial trip; **—tunnel** *m.* **—,** *or* **-s,** under-water tunnel; **—tunnelbetrieb** *m.* under-water tunnel traffic
unterwegs on the way
Unterweisung *f.* instruction
unterwerfen to subject, subdue
Unterwerfung *f.* subjection
Untiefe *f.* great depth; shoal
unübertreffbar unsurpassable
unumstößlich incontestable
ununterbrochen uninterrupted

unveränderlich unchangeable, constant
unverändert unchanged
unverbrannt unconsumed
unverdampfbar non-vaporizing
unvergänglich imperishable
unvergeßlich never to be forgotten
unvermeidlich unavoidable
unverrichtet unperformed; —**er Dinge** (*adverbial gen.*) without effecting one's object
unvollendet unfinished
unvorhergesehen unforeseen
unvorsichtig careless
unwägbar imponderable
unwegsam pathless
unwesentlich unessential
unwillkürlich involuntary
unwohl unwell
Unzahl *f.* immense number
unzählig countless
unzerstörbar indestructible
unzufrieden dissatisfied, discontented
unzugänglich inaccessible, impervious
Unzukömmlichkeit *f.* disaster
unzweckmäßig unpractical, unsuitable
unzweifelhaft indubitable, unquestionable
ur- *prefix used with nouns and adjectives to denote* primitive, original; —**alt** primeval, prehistoric; —**sprünglich** initial, original
Ur: —**beginn** *m.* very beginning; —**-nebel** *m.* mist as it was in the very beginning of things; —**sache** *f.* cause, reason; —**sprung** *m.* origin, source; —**teil** *n.* –**e**, opinion, judgment; —**zeit** *f.* primeval age
u. s. w., und so weiter and so forth

V

Vakuum *n.* vacuum
Valenz' *f.* valence
Variation' *f.* variation
Vater *m.* ¨, father; —**land** *n.* fatherland, native country
vaterländisch relating to one's country, national
v. Chr., vor Christo before Christ
Vegetation' *f.* vegetation; —**s-zeit** *f.* season of vegetation
Ventil' *n.* –**e**, valve; —**kegel** *m.* valve stem
verallgemeinern to generalize
veränderlich changeable, variable
verändern to change, vary
Veränderung *f.* change, alteration
verankern to fasten, anchor
veranlassen to cause, occasion, induce, incite
Veranlassung *f.* occasion, cause; order, instigation; —**geben** to give rise to
veranschaulichen to illustrate, demonstrate, make clear
veranschlagen to estimate
veranstalten to organize
verantwortlich responsible
verarbeiten to work (up), work out, elaborate, manufacture
Verarbeitung *f.* working (up), manufacture
verausgaben to expend
verbessern to improve
Verbesserung *f.* improvement;

—**svorschlag** *m.* ¨**-e**, suggestion for improvement
verbiegen to twist, bend
Verbiegung *f.* twist, warp
verbieten to forbid
verbilligen to cheapen; accomplish
verbinden to connect, combine, unite
Verbindung *f.* union, connection, compound, association, communication; —**sdraht** *m.* connecting wire; —**sgewicht** *n.* **-e**, combining weight; —**slinie** *f.* connecting line
verbleichen to fade
Verbrauch *m.* consumption
verbrauchen to consume, waste
verbreiten to spread, diffuse, circulate, distribute
Verbreitung *f.* extension
verbrennen to burn, consume, be consumed
Verbrennung *f.* burning, combustion; —**skraftmaschine** *f.* combustion engine; —**smaschine** *f.* combustion engine; —**stemperatur'** *f.* temperature of combustion; —**swert** *m.* combustion value
verbünden to unite
Verbund: —**lokomotive** *f.* compound locomotive; —**maschine** *f.* compound engine; compound dynamo
verbürgen to warrant, guarantee
verdammen to damn, curse
verdampfbar vaporizable
verdampfen to vaporize, evaporate
Verdampfung *f.* vaporization, evaporation
verdanken to owe; **was dem Umstande zu — ist** which is due to the fact
verderben (**a, o** *or weak*) to spoil, injure, ruin; to be injured, be spoiled, decay, deteriorate
verdichten to condense, compress
Verdichtung *f.* condensation
verdienen to earn, deserve
Verdienst *n.* **-e**, merit, service; earnings; credit; accomplishment
verdienstlich meritorious
verdienstvoll deserving, worthy
verdoppeln to double
verdrängen to displace, supplant
Verdrängung *f.* displacement, supplanting
Verdruß *m.* ¨**-e**, quarrel
verdunkeln to darken
verdünnen to dilute
Verdünnung *f.* dilution, rarefaction
verdunsten to evaporate
Verehrung *f.* veneration, admiration
Verein *m.* union; club; society
verein: —**en** to unite, combine; —**fachen** to simplify; —**igen** to unite, combine; —**zeln** to isolate
Vereinigte Staaten United States
Vereinigung *f.* union, combination, association
vereiteln to frustrate
verenden to succumb, die
verfahren to drive, move
Verfahren *n.* —, process, procedure, method

verfallen to fall, lapse
verfassen to compose, write
Verfasser *m.* author
verfließen to elapse, pass by
verflüssigen to liquefy
Verflüssigung *f.* liquefaction
verfolgen to pursue, follow
Verfolgung *f.* persecution, prosecution
verfügbar available
verfügen (über) to have at one's disposal *or* command, dispose of
Verfügung *f.* disposal, command; **zur — stehen** to be at one's disposal *or* command
verführen to carry, transport
vergangen past, bygone
vergänglich transitory
vergären to ferment
Vergaser *m.* gasifier
Vergasung *f.* gasification
vergeben to forgive, pardon, give over; **—s,** in vain
vergeblich vain, futile
Vergebung *f.* forgiveness
vergehen to pass, elapse
vergessen to forget
Vergessenheit *f.* oblivion
vergeuden to squander, waste
Vergeudung *f.* squandering, waste
vergiften to poison
Vergleich *m.* **-e,** comparison; compromise; **—ung** *f.* comparison
vergleichen to compare
vergolden to cover with gold, gild
vergönnen to permit, grant
vergrößern to enlarge, increase
Vergrößerung *f.* enlargement, increase; **—sglas** *n.* **¨-er,** magnifying glass
verhalten (sich) to act, behave, be in proportion to, be
Verhalten *n.* behavior, conduct; action, reaction
Verhältnis *n.* **-se,** relation, ratio, proportion, state, condition
verhältnismäßig comparative, relative, proportional
verhängnisvoll fatal; disastrous
verharren to remain, persist
verhelfen to assist in obtaining *or* bringing
verherrlichen to glorify
Verherrlichung *f.* glorification
verhindern to hinder, prevent
verholen to (take in) tow
verhungern to starve
verhüten to prevent, avert
Verhütung *f.* prevention
verjüngen (sich) to rejuvenate; taper off
Verkauf *n.* **¨-e,** sale; **—shaus** *n.* **¨-er,** store, warehouse
verkaufen to sell
Verkäufer *m.* **—,** seller, dealer
Verkehr *m.* **-e,** traffic, trade, communication; **—sbedürfnis** *n.* **-se,** traffic requirement; **—smittel** *n.* **—,** means of communication; **—smöglichkeit** *f.* possibility of communication; **—splatz** *m.* **¨-e,** place of traffic *or* business; **—swesen** *n.* **—,** traffic
verkehren to come and go
verkennen to misunderstand
Verkleidung *f.* lining, facing
verkleinern to make smaller, diminish
Verkleinerung *f.* diminution

verklingen to die away
verknüpfen to connect, join
verkohlen to convert into carbon
Verkörperung *f.* personification
Verköstigung *f.* feeding
verladen to load; forward
verlangen to desire, demand, require
verlängern to lengthen, extend
Verlängerung *f.* elongation, extension
verlangsamen to retard, slacken
verlassen to leave, forsake
Verlauf *m.* course, progress
verlaufen to proceed; pass, end; run; be scattered
verlegen: sich — auf to apply one's self to
verleihen to loan; confer, grant; express
verletzen to injure
verlieren to lose; **verloren gehen** be *or* become lost
verlohnen to repay, be worth
verlöschen to extinguish
Verlust *m.* **-e,** loss; **—versicherung** *f.* insurance against loss
verlustlos without loss *or* waste
vermauern to wall up
vermehren to increase, multiply
Vermehrung *f.* increase, augmentation, propagation
vermeiden to avoid, prevent
vermieten to rent
vermindern to lessen, decrease, diminish
Verminderung *f.* lessening, decrease
vermischen to mix
vermitteln to arrange, send, bring about
vermittelst by means of
Vermittlung *f.* mediation, adjustment
vermöge by virtue of
vermögen to be able, can
Vermögen *n.* ability, power; wealth, fortune
vermuten to suppose, presume
vernachlässigen to neglect
Vernichtung *f.* destruction, annihilation
vernickeln to (plate with) nickel
Vernunft *f.* intelligence
vernünftig sensible, judicious
veröffentlichen to publish
Veröffentlichung *f.* publication
verrichten to perform, do
verringern to diminish, reduce, lessen, decrease
Verringerung *f.* diminution, reduction
versagen to fail, give out
Versammlung *f.* gathering, assembly
versäumen to neglect, miss
Versäumnis *f.* **-se,** neglect, absence
verschaffen to procure
verschämt bashful
verschiebbar movable, able to be displaced
Verschiebbarkeit *f.* motivity, quality of being movable
Verschiebelokomotive *f.* shift engine, switch engine
verschieben to displace, shift, shove
verschieden different, various, diverse; **—artig** heterogeneous, varied, different; **—-**

farbig variously colored, variegated
Verschiedenheit *f.* difference, diversity
verschlagen to throw back, drive; lose one's way
verschließen to close, lock, seal
verschlingen to devour; cost
Verschlußschieber *m.* —, closing valve
verschmähen to disdain, refuse
verschonen to spare, exempt
verschwinden to vanish, disappear; **—d klein** infinitesimal
versehen to provide (with), equip, supply; manage; err, blunder
Versehen *n.* error, blunder
versenden to export, ship
versenken to sink, submerge
versetzen to set, put, displace, transfer; mix, treat
versichern to assure, insure
Versicherung *f.* assurance; insurance; **—sart** *f.* kind of insurance; **—s-Gesellschaft** *f.* insurance company; **—snehmer** *m.* insured, buyer of insurance; **—sschutz** *m.* insurance protection; **—ssorte** *f.* sort *or* kind of insurance; **—svertrag** *m.* ¨**e,** insurance contract
versiebenhundertfachen to increase 700 fold
versiegen to dry up, become exhausted
versilbern to cover with silver
versorgen to provide for
versprechen to promise
verspüren to feel, notice
Verstand *m.* intelligence
verständigen: sich mit jemand — to come to an agreement with someone
verständlich comprehensible, lucid
Verständnis *n.* intelligence, intellect, understanding
verstärken to strengthen, intensify
verstehen to understand; **sich auf etwas** — to understand thoroughly
Versteifung *f.* stiffening
versterben to die
verstopfen to stop up, choke up
Versuch *m.* **-e,** attempt, effort; experiment; **—sausführung** *f.* performing of an experiment, experiment; **—sbedingung** *f.* experimental condition; **—sstand** *m.* testing station
versuchen to try, endeavor
versuchsweise by way of experiment
vertauschen to exchange
Vertauschung *f.* interchange
verteidigen to defend
Verteidigung *f.* defense
verteilen to distribute, divide, diffuse
Verteilung *f.* distribution, division; induction
vertiefen to deepen, hollow out; depress; **sich in etwas** — to plunge into, become absorbed in; **sich zu etwas** — to develop into
Vertiefung *f.* depression, hollow
vertikal' vertical
Vertikale *f.* vertical
Vertikal'ebene *f.* vertical plane

Vertikal'komponente *f.* vertical component
Vertrag *m.* **¨-e,** contract; **—s-wesen** *n.* contracts
vertragen to bear, sustain
vertrauen to trust
Vertrauen *n.* confidence
vertraut familiar
vertreiben to expel, dispose of
vertreten to advocate, uphold
Vertreter *m.* **—,** representative
Verunreinigung *f.* impurity
verursachen to cause
verurteilen to sentence, fine
Verurteilung *f.* sentence
vervollkommnen to perfect
vervollständigen to make complete
verwalten to manage, govern
Verwalter *m.* **—,** manager
Verwaltung *f.* management
verwandelbar convertible
verwandeln to transform
verwandt related
Verwandtschaft *f.* affinity, relationship
Verwarnung *f.* warning
verweigern to refuse, deny
verweilen to linger, stop
verweisen to refer to, relegate to
verwendbar available, applicable
Verwendbarkeit *f.* usefulness, applicability, utility
verwenden, verwandte, verwandt (*or* **verwendete, verwendet**) to use, employ, apply
Verwendung *f.* application, use, employment
verwertbar realizable, adaptable, useful
verwerten to utilize, turn to account
Verwertung *f.* utilization
verwickeln to complicate
verwirklichen to realize
Verwirklichung *f.* realization
verwittern to weather, crumble
verwöhnen to spoil, pamper
verwunden to wound
verwundern to wonder at
verwüsten to devastate
verzehren to consume, eat up, devour
verzeichnen to record, note
Verzerrung *f.* distortion
Verzinsung *f.* interest yield
Vetter *m.* **-n,** cousin
vgl., vergleiche compare, see
v. H., vom Hundert per cent
Viadukt' *m.* **-e,** viaduct
vibrieren to vibrate
viel much, many; **—erlei** various, numerous; **—fach** manifold, various; frequent, repeated; excessive; **—leicht** perhaps; **—mehr** rather; **—-seitig** many-sided, versatile, extensive, comprehensive; **—stellig** of many places; **—teilig** of many parts, multipartite; **—versprechend** very promising
Vielfach *n.* **-e,** multiple
Vielseitigkeit *f.* versatility
vier four; **—fach** four-fold; **—jährig** of *or* lasting four years; **—polig** four-poled; **—tausend** four thousand; **—tel** fourth, quarter
Viertel *n.* **—,** quarter
Villeggiatur' *f.* rural life
violett' violet
vital' vital

Vize: —admiral' *m.* **-e,** vice admiral; **—könig** *m.* **-e,** viceroy
Vogel *m.* ¨**-,** bird
Vogt *m.* ¨**-e,** warden, overseer
Volk *n.* ¨**-er,** people, populace; **—sanhäufung** *f.* settlement; **—swirtschaft** *f.* political economy; **—swirtschaftler** *m.* political economist
volkswirtschaftlich relating to political economy, economic
voll full; entire, whole; **—auf** entirely, at full speed; **—bringen** to accomplish; **—enden** to finish, complete; **—endet** perfect; **—führen** to execute, perform; **—kommen** complete, perfect; **—ständig** complete, entire, perfect; **—ziehen** to complete, consummate, fulfil, do
Vollendung *f.* completion, perfection
völlig full, complete, entire, perfect
Vollkommenheit *f.* perfection
Vollständigkeit *f.* completeness
Volontär' *m.* volunteer, apprentice
Volt *n.* volt; **—abatterie'** *f.* voltaic battery; **—ameter** *m.* voltameter
voltaisch voltaic
Volu'men (Volum') *n.* — *or* **Volumina** volume; **—einheit** *f.* unit of volume
von from, of, by; **—einander** from *or* of one another *or* each other
vor before, in front of; from, against
voran-gehen to precede
Vorarbeit *f.* preliminary work
vorauf-gehen to precede
voraus-gehen to precede
voraus-setzen to suppose, assume
Voraussetzung *f.* supposition, assumption, hypothesis
Voraussicht *f.* foresight
voraussichtlich anticipated
Vorbedacht *m.* **-e,** forethought
Vorbedingung *f.* preliminary condition, prerequisite
vor-behalten to reserve
vorbei past
vor-bereiten to prepare
Vorbereitung *f.* preparation
vorbeschrieben above described
vor-beugen to bend forward; prevent
vor-bilden to prepare, teach
vorder anterior, in the front, forward
Vorder: —asien Anterior Asia, Near East; **—fuß** *m.* ¨**-e,** forefoot; **—grund** *m.* foreground; **—seite** *f.* front (side)
vor-dringen to push on, advance
vorerst first of all
vorerwähnt aforenamed, previously mentioned
Vorfall *m.* ¨**-e,** incident, occurrence
Vorfrage *f.* preliminary question
vor-führen to produce, present, bring forth
Vorgang *m.* ¨**-e,** process, procedure; reaction
Vorgänger *m.* **—,** predecessor
vor-gehen to advance, proceed

vorgesagt above-said
vorgeschritten advanced
vor-halten to hold before, reproach
vorhanden present, existing, to be met with
Vorhandensein *n.* presence
vorher before, previously; —**gehen** to precede
vor-herrschen to predominate, prevail
vorhin a little while ago, just now
vorig preceding, last
Vorkehrung *f.* provision
vor-kommen to occur, happen, be found, appear
Vorlage *f.* receiver
vor-lagern to extend in front of
Vorläufer *m.* —, forerunner
vorläufig previous; for the present, meanwhile
vor-legen to lay before, exhibit, show
Vorlesung *f.* lecture; —**stisch** *m.* lecture table
vor-liegen to lie in front of *or* before; be, be present, be under consideration
vormittags in the forenoon
vorn fore, in front
Vornahme *f.* undertaking
vor-nehmen to undertake, make
vor-ragen to project
Vorrat *m.* ¨**e,** stock, supply, reserve; —**skammer** *f.* storeroom
Vorrichtung *f.* contrivance, device
Vorschaltwiderstand *m.* reducing rheostat
vor-schieben to shove *or* push forward
vor-schlagen to propose
vor-schreiben to prescribe
vor-schreiten to advance
Vorschrift *f.* rule, regulation
vor-schweben to float before
vor-sehen to provide for
vor-setzen to set before
Vorsicht *f.* foresight, caution, care; —**smaßregel** *f.* precaution
vorsichtig cautious, careful, provident
Vorsitzender *m.* president, chairman
Vorsorge(treffen) to make provision
vor-sorgen to provide
vor-stehen to precede; manage, project; —**d,** foregoing, above
vor-stellen (sich) to imagine, conceive
Vorstellung *f.* conception, idea
vor-täuschen to misrepresent, conjure up deceitfully
Vorteil *m.* -**e,** advantage, benefit
vorteilhaft advantageous
Vortrag *m.* ¨**e,** lecture, delivery, exposition
vorüber-gehen to go by, pass; —**d,** temporary, transitory
vor-wärmen to pre-heat, heat beforehand
Vorwärmer *m.* heater, warmer
Vorwärmung *f.* preliminary heating; —**smetho'de** *f.* method of preliminary heating
vorwärts forward
Vorwärtsstreben *n.* effort to progress
vorweltlich primeval, prehistoric

vor-wiegen to preponderate, outweigh
Vorzeichen *n.* sign, symbol
Vorzeit *f.* remote antiquity
Vorzug *m.* ¨**e,** merit, advantage
vorzüglich excellent
Vorzüglichkeit *f.* excellence
vorzugsweise preferably, especially
Vulkan' *m.* **-e,** volcano

W

wachen to watch, guard
wach-rufen to awaken, arouse
wachsen to grow, increase, thrive; **etwas** (*dat.*) **ge— sein** be equal to, be a match for, be suited to
wachsüberzogen wax-covered
Waffe *f.* weapon, arms
wägbar capable of being weighed, ponderable
Wage *f.* balance, scales
wagen to venture, attempt
Wagen *m.* —, wagon, car; **—fabrikant'** *m.* **-en,** wagon maker; **—klasse** *f.* class of coach *or* car
wägen (wiegen) to weigh
wagerecht level, horizontal
Wägung *f.* weighing
Wahl *f.* choice, selection, election
wählen to choose, select
wahllos without selection
wahlweise optionally
wahr true, real; **—haft** true, real; **—lich** indeed, certainly; **—nehmen** to perceive, observe, notice; **—scheinlich** probable, plausible
währen to last, continue
während *conj.* while; *prep.* during
Wahrheit *f.* truth; **—sliebe** *f.* love of truth
Wahrnehmung *f.* perception, observation
Wahrscheinlichkeit *f.* probability, plausibility
Wald *m.* ¨**er,** forest, wood
Walze *f.* cylinder, roller; **—n-zugmaschine** *f.* rolling mill (steam) engine
Wand *f.* ¨**e,** wall; **—stärke** *f.* wall strength *or* thickness; **—ung** *f.* wall
Wandel *m.* **-n,** change
Wandernest *n.* **-er,** itinerant nest
Wanderung *f.* wandering
Wandlung *f.* transformation
Ware *f.* ware, article; (*in pl.*), goods, merchandise; **—n-haus** *n.* ¨**er,** warehouse
warm warm
Wärme *f.* warmth, heat; **—-äquivalent'** *n.* heat equivalent; **—ausnutzung** *f.* heat utilization; **—bedarf** *m.* heat supply, heat requirement; **—dehnung** *f.* heat expansion; **—energie'** *f.* thermal energy; **—erscheinung** *f.* heat phenomenon; **—grad** *m.* **-e,** degree of heat; **—kraftmaschine** *f.* heat-engine, heat-driven engine; **—leiter** *m.* —, heat conductor; **—leitfähigkeit** *f.* heat-conductivity; **—leitung** *f.* conduction (heat); **—-menge** *f.* quantity *or* amount of heat; **—messer** *m.* —, calorimeter; **—stoff** *m.* heat

substance; —**strahl** *m.* **-en,** heat ray; —**strahlung** *f.* heat radiation; —**verbrauch** *m.* consumption *or* waste of heat; —**verlust** *m.* **-e,** waste *or* loss of heat; —**wirkung** *f.* heat effect; —**zustand** *m.* temperature

wärmeleitend heat-conducting

warten to wait

Wartung *f.* attendance, care, oversight

warum why

was what, that which, some; — **für ein** what a, what kind of a

waschen to wash

Waschturm *m.* **¨e,** wash tower

Wasser *n.* — *or* **¨,** water; —**bau** *m.* **-ten,** hydraulic structure, waterworks; —**dampf** *m.* **¨e,** water vapor, steam; —**dampfteilchen** *n.* —, particle of vapor; —**druck** *m.* water pressure; —**erwärmung** *f.* heating of water; —**fall** *m.* **¨e,** waterfall; —**fläche** *f.* water surface, expanse of water; —**glas** *n.* water glass, potassium silicate; —**haut** *f.* film of water; —**kraft** *f.* **¨e,** water power; —**kraftanlage** *f.* water-power plant; —**kraftausnutzung** *f.* utilization of water-power; —**kraftmaschine** *f.* water power machine *or* apparatus; —**leitung** *f.* water pipe, conduit, aqueduct; —**mangel** *m.* lack of water; —**masse** *f.* water mass, quantity of water; —**menge** *f.* amount *or* quantity of water; —**oberfläche** *f.* water surface; —**rad** *n.* **¨er,** water-wheel; —**raum** *m.* water chamber *or* space; —**rohr** *n.* **-e,** water pipe; —**röhre** *f.* water pipe; —**säule** *f.* column of water; —**schlag** *m.* water hammer; —**seite** *f.* water side; —**spiegel** *m.* —, water surface; —**stand** *m.* height of the water; —**standsanzeiger** *m.* water gauge; —**standsglas** *n.* water glass or gauge; —**stoff** *m.* hydrogen (H); —**stoffatom'** *n.* **-e,** hydrogen atom; —**stoffgas** *n.* hydrogen gas; —**straße** *f.* waterway; —**temperatur'** *f.* water temperature; —**tiefe** *f.* water depth; —**tropfen** *m.* drop of water; —**turbine** *f.* water turbine, hydro-turbine; —**verbrauch** *m.* water consumption *or* waste; —**werk** *n.* **-e,** waterworks, waterway; —**wirtschaft** *f.* water-power economy, hydraulics; —**zufluß** *m.* **¨e,** inflow of water

wässerig watery, aqueous

Watt *n.* watt; —**zahl** *f.* number of watts

Watte *f.* wadding

weben to weave

Wechsel *m.* —, change, alternation, succession; —**wirkung** *f.* reciprocal action

wechseln to change, vary

Wechselstrom *m.* alternating current; —**anlage** *f.* alternating current works *or* plant; —**generator** *m.* alternating current generator;

—**lampe** *f.* alternating current lamp; —**lichtbogen** *m.* alternating current electric arc; —**motor** *m.* **-en,** alternating current motor; —**technik** *f.* technics of the alternating current

wecken to awaken

weder:— noch neither — nor

weg forth, away, far

Weg *m.* **-e,** way, road, route, course; manner, distance; **auf diesem** — in this way

wegen on account of

weg-fahren to go away

Weglassung *f.* omission

weg-wenden to turn away

wehen to blow

wehmütig woeful, sorrowful

Weibchen *n.* —, female

weiblich feminine

weich soft; —**en** to yield, give way

weil because

weilen to stay, tarry

Wein *m.* **-e,** wine; —**geist** *m.* alcohol

weise wise

Weise *f.* way, manner; **auf diese** — in this way

weissagen to predict

weiß white; —**glühend** white hot, incandescent

Weiß *n.* white; —**glut** *f.* white glow, incandescence; —**metallager** *n.* white-metal bearing

weit far, wide, large, distant; **bei** —**em** by far; —**aus** by far; —**er** farther, further; **ohne** —**eres** without further discussion *or* ado, forthwith; —**gehend** far-reaching, extensive, vast; —**läufig** extensive, rambling, minute, detailed

Weite *f.* width; extent, range

welch who, which, what, some; — **auch immer** whoever, whatever

Welle *f.* wave; axle, shaft; —**nberg** *m.* **-e,** wave crest; —**nbewegung** *f.* wave motion; —**nlänge** *f.* wave length

Wellental *n.* **¨-er,** depression between two waves

wellig wavy

Wellrad *n.* **¨-er,** wheel and axle

Wellrohr *n.* **-e,** cylinder-shaped flue

Welt *f.* world; —**all** *m.* universe; —**äther** *m.* world ether; —**ausstellung** *f.* world's fair; —**enraum** *m.* universe; —**fremdheit** *f.* aloofness; —**geschichte** *f.* world's history; —**handel** *m.* world *or* international trade; —**körper** *m.* —, celestial body; —**krieg** *m.* **-e,** world war; —**meer** *n.* **-e,** ocean; —**raum** *m.* universal space; —**vermögen** *n.* world's wealth; —**wunder** *n.* —, wonder of the world

weltberühmt world-famous

weltverloren lost to the world, unknown

Wende *f.* turn, end

wenden (sich) to turn about; apply, appeal

wenig little, few; *adv.* a little, slightly; **zum** —**sten** least of all; —**stens** at least

wenn if, when, whenever; — **auch** even if
wer who, whoever
werden to become, be
werfen to throw, cast
Werft *n.* **-e** (*f.* **-en**) dockyard
Werk *n.* **-e**, work, enterprise, factory; book; **—führer** *m.* —, foreman; **—meister** *m.* —, foreman; **—statt** (**-stätte**) *f.* workshop; **—stattstätigkeit** *f.* work shop practice; **—stück** *n.* **-e**, implement; **—taglöhnung** *f.* day's wages; **—zeug** *n.* **-e**, instrument, tool
Wert *m.* **-e**, worth, value; **—igkeit** *f.* valence
wertlos worthless
wertvoll valuable
Wesen *n.* —, existence, being, nature, essence; creature; **—zug** *m.* natural trait
wesentlich essential, vital, material; **im —en** essentially, in substance, principally
weshalb why, wherefore, for what reason
Wespe *f.* wasp
Westen *m.* West
Westinghouse-Bremse *f.* Westinghouse brake
westlich west(erly)
Wettbewerb *m.* competition
wettbewerbsfähig capable of competing
Wette *f.* wager; **eine — abschließen** to make a wager, bet
Wetter *n.* —, weather; **schlagendes —** fire damp
Wettlauf *m.* **¨-e**, (running) race
Wettrennen *n.* race
Wettstreit *m.* competition
wichtig weighty, important
Wichtigkeit *f.* importance
wickeln to wind, twist
Wickelung *f.* winding, coil; **—sart** *f.* way *or* method of winding; **—smetho'de** *f.* manner of winding
Widder *m.* ram
Widerhall *m.* **-e**, reverberation
widersprechend contradictory, conflicting
Widerspruch *m.* contradiction, conflict
Widerstand *m.* **¨-e**, resistance, opposition; **— leisten** to resist; **—seinheit** *f.* unit of resistance; **—sfähigkeit** *f.* resistivity
widerstandsfähig able to offer resistance, tough
widmen to devote, bestow, give
wie how, as, like; than
Wiedem. Ann., Wiedemannsche Annalen Wiedemann's Annals *or* Journal
wieder, wiederum again
wiederan-nehmen to reassume
Wiederausscheidung *f.* re-precipitation, second separation
wieder-bekommen to recover
Wiederherstellung *f.* restoration, repairing
wiederholen to repeat
Wiederkehr *f.* return
wieder-spiegeln to reflect
wiederum again
wieder-verschwinden to vanish again
wiegen to weigh
Wien Vienna
Wiesenfläche *f.* meadow-land

wieviel how much, how many; —**mal** how many times
wieweit how far
wiewohl although
Wikingerschiff *n.* **-e,** ship of the Vikings
wild wild
Wille *m.* **-n,** will
willfahren to gratify, accede
willig willing
willkommen welcome
Willkür *f.* arbitrariness, caprice
willkürlich arbitrary; capricious
Wind *m.* **-e,** wind; —**e** *f.* windlass; —**mühle** *f.* windmill; —**richtung** *f.* direction of the wind; —**rose** *f.* compass card
winden to wind, twist
Windung *f.* coil, spiral; —**smetho'de** *f.* method of winding; —**szahl** *f.* number of coils *or* windings
Wink *m.* **-e,** wink, suggestion; motion
Winkel *m.* —, angle, corner; —**heber** *m.* —, siphon
winken to wave, beckon
Winter *m.* —, winter; —**abend** *m.* **-e,** winter evening; —**kälte** *f.* winter cold; —**monat** *m.* **-e,** winter month; —**nest** *n.* **-er,** winter nest
winzig minute, tiny
wippbar capable of swinging up and down
wippen to balance, rock; swing up and down
Wippwerke *n. pl.* apparatus for lifting and lowering
Wirbel *m.* whirl, rotation; —**strom** *m.* ¨**e,** whirling *or* gyratory current, parasitical current; —**sturm** *m.* **-e,** cyclone —**sturmkatastro'phe** *f.* cyclone disaster; —**wind** *m.* **-e,** cyclone
wirken to act, work
wirklich real, actual
Wirklichkeit *f.* reality
wirksam effective, operative, active
Wirksamkeit *f.* efficiency
Wirkung *f.* effect, action, result; —**sgrad** *m.* efficiency, effectiveness; —**sweise** *f.* mode of operation
Wirt *m.* **-e,** landlord; —**sameise** *f.* host ant
Wirtschaft *f.* hotel, inn; —**lichkeit** *f.* economy; —**sgebiet** *n.* **-e,** field of industry; —**slehre** *f.* economics; —**sraum** *m.* ¨**e,** household room
wirtschaften to keep house, manage
wirtschaftlich economic(al), industrial
wissen to know, know how to; be able
Wissenschaft *f.* science
wissenschaftlich scientific
Wissenstoff *m.* scientific matter, information
Witz *m.* wit
witzig witty, funny
wo where; when
wobei by which, in which case, whereby
Woche *f.* week; —**ntag** *m.* **-e,** week day
wochenlang for weeks
wöchentlich weekly
wodurch whereby, through which, for which reason
woher from where, whence

wohin whither, to what (which) place; —**gegen** whereas
wohl well, good; indeed, probably, of course, then; —**bestallt** duly installed; —**gefügt** well put together; —**gemut** cheerful; —**habend** wealthy
Wohl *n.* welfare, good; **das allgemeine** — the commonwealth; —**habenheit** *f.* wealth; —**täter** *m.* —, benefactor
wohnen to dwell, live
Wohn: —**haus** *n.* ¨**er**, dwelling; —**platz** *m.* dwelling place; —**raum** *m.* ¨**e**, room; —**stätte** *f.* abode; —**ung** *f.* dwelling
wölben to arch, vault
Wölbung *f.* arch, curvature
Wolkenkratzer *m.* —, skyscraper
wolkenlos cloudless
Wolle *f.* wool
wollen to wish, will, want to
woran wherein, at which, for which
worauf whereon, whereupon
woraus from which
worin wherein, in which
Wort *n.* ¨**er** *or* **-e**, word; **mit einem** — in short; —**laut** *m.* wording, text
worüber above which, concerning which
wovon whereof, of which, from which
wozu whereto, to what, to which
Wunder *n.* —, wonder, miracle; —**bau** *m.* **-ten**, wonderful structure; —**werk** *n.* **-e**, miracle
wunderbar wonderful
wundern (sich) to wonder, be amazed
wunder-nehmen to astonish
Wunsch *m.* ¨**e**, wish, request
wünschen to wish, desire; —**swert** desirable
würdigen to appreciate, estimate
Würdigung *f.* estimate
würfelförmig cubiform
Wüste *f.* desert; —**klima** *n.* climate of the desert

Z

zacken to point, notch
zähflüssig viscous, semifluid
Zähigkeit *f.* toughness, viscosity
Zahl *f.* number; figure; —**enberechnung** *f.* arithmetical calculation; —**enspiel** *n.* **-e**, arithmetic game, play with numbers; —**enverhältnis** *n.* **-se**, numerical ratio; —**meister** *m.* —, treasurer; —**ung** *f.* payment
zahlen to pay
zählen to count, reckon
zahllos numberless, innumerable
zahlreich numerous
Zahn *m.* ¨**e**, tooth; —**rad** *n.* ¨**er**, cogwheel
zauberhaft magic
Zauberstab *m.* magic wand
z. b., zum Beispiel for example
zehn ten; —**t** tenth
Zehntel *n.* —, tenth
Zeichen *n.* —, sign, symbol
zeichnen to draw, sketch

zeichnerisch drawing, designing, in drawing
Zeichnung *f.* drawing, sketch
Zeigefinger *m.* —, index finger
zeigen to show, point
Zeile *f.* line
Zeit *f.* time, period; **zur** — at the time, temporarily; —**abschnitt** *m.* -**e**, period of time; —**alter** *n.* —, age, generation, period; —**aufwand** *m.* expenditure of time; —**einheit** *f.* unit of time; —**lang** *f.* long time, period, while; —**läufe** *pl.* times; —**punkt** *m.* moment, epoch; —**raum** *m.* space of time, period; —**schr.**, Zeitschrift periodical; —**schrift** *f.* periodical, magazine; —**ung** *f.* newspaper; —**vertreib** *m.* -**e**, pastime
Zellulose *f.* cellulose
Zement' *m.* (*n.*) -**e**, cement; —**bedarf** *m.* demand for cement; —**faß** *n.* ¨-**er**, keg of cement, cement barrel; —**schicht** *f.* layer of cement
Zentimeter *m.* (*n.*) centimeter
Zentner *m.* hundred weight
Zentral' *f.* central, generating plant; —**bahnhof** *m.* central *or* union station
zentrisch centric
Zentrum *n.* (*pl.* **Zentren**) center
zerbrechen to break (to pieces)
zerbröckeln to crumble
zerfallen to fall to pieces, be divided *or* divisible into several parts
zerfetzen to tear, tatter
zerlegbar decomposable; divisible
zerlegen to decompose, divide, take apart
Zerlegung *f.* decomposition, analysis
zerlumpt ragged
zermahlen (*p.p.* **zermahlen**) to pulverize
zerreißen to tear (to pieces), rend; break
Zerreißmaschine *f.* machine for testing tensile strength
zerschlagen to knock to pieces, smash, crush
Zersetzung *f.* decomposition; —**sprodukt'** *n.* -**e**, product of decomposition
zersprengen to burst
zerspringen to burst apart, split
zerstäuben to convert to dust *or* spray
zerstören to destroy, ravage
Zerstörung *f.* destruction
zerstossen to knock to pieces, grind up
zerstreuen to disperse, scatter
Zerstreuung *f.* dispersion; —**slinse** *f.* dispersion lens
zerteilen to divide, decompose
Zerteilung *f.* division, decomposition
zertreten to crush
zertrümmern to demolish
Zettel *m.* —, label, poster
Zeugnis *n.* witness, evidence; certificate
zickzackförmig zigzag-shaped
Ziegel *m.* —, brick; —**eibetrieb** *m.* brick industry; —**stein** *m.* -**e**, brick
ziehen to draw, pull, take, get, derive; march, move, go, grow

Ziel *n.* **-e,** aim, object, goal, purpose
ziemlich rather, quite
Ziffer *f.* figure, number
Zigarre *f.* cigar
Zimmer *n.* room
Zink *n.* zinc (Zn.); **—kupferelement'** *n.* zinc-copper battery; **—platte** *f.* zinc plate; **—streifen** *m.* strip of zinc; **—zylinder** *m.* zinc cylinder
Zinn *n.* tin (Sn); **—bergwerk** *n.* **-e,** tin mine
Zipperlein *n.* gout
zirka about, approximately
Zirkel *m.* compasses
Zirkon'oxyd' *n.* zirconium oxide (ZrO_2)
Zirkular' *n.* **-e,** circular
zirkulieren to circulate
Zither *f.* lute, lyre
zivil' civil
Zivilization' *f.* civilization
zivilizieren to civilize
Zn., Zink zinc
Zobel *m.* —, sable
zögern to hesitate
Zone *f.* Zone
z. T., zum Teil partly, in part
Ztr., Zentner hundredweight
zu to, at, for, in, with; too
Zu., Zucker sugar
zu-bereiten to prepare; cook
Zucker *m.* sugar; **—lösung** *f.* sugar solution; **—produktion'** *f.* sugar production; **—rübe** *f.* sugar beet
Zuckung *f.* twitching
zueigen (sein) to belong to, be peculiar to
zueinander to one another, each other
zuerst at first, first, first of all
Zufall *m.* **¨-e,** chance, hazard, accident
zufällig accidental, by chance
zu-fließen to flow to *or* in upon
Zuflucht *f.* refuge; — **zu etwas nehmen** to have recourse to a thing
zufolge in consequence of
zufrieden satisfied, contented; **—stellend** satisfactory
zu-fügen to add to; do to
Zufuhr *f.* supply, introduction, addition
zu-führen to introduce, supply, bring
Zug *m.* **¨-e,** pull, strain, stress; train; feature, trait; draft; **—festigkeit** *f.* tensile strength; **—kraft** *f.* **¨-e,** tractive force; **—smechanismus** *m.* traction mechanism; **—-trennung** *f.* breaking in two of a train; **—zerreißung** *f.* breaking of a train
Zugabe *f.* addition
zugänglich accessible
Zugänglichkeit *f.* accessibility
zugehörig belonging to, referred to
zugleich at the same time
zugrunde: —gehen to be lost, perish; **—legen** to take as a basis
Zugrundelegung *f.* foundation; **unter —** on the basis of
Zuhilfenahme *f.* aid, recourse
Zuhörerschaft *f.* audience
zu-jubeln to acclaim
zu-kommen to be due, be to the credit of
Zukunft *f.* future
zu-lassen to admit, permit
zulässig admissible, permissible

zu-legen to add to, give to
zuleide; etwas — tun to do harm to, injure
Zuleitungsdraht *m.* **¨-e,** main conductor, feed wire
zuletzt finally, last of all
zumal chiefly because; more particularly as
zumeist for the most part
zunächst next, first of all
Zunahme *f.* increase
zu-nehmen to increase, grow
Zuneigung *f.* sympathy, liking
zu-raunen to whisper to
zu-rechnen to reckon among; add to
zurecht-finden (sich) to find one's way, get on the right track
zurecht-machen to prepare, adjust
zurück back
zurück-behalten to retain
zurück-bleiben to remain behind, be left, be inferior
zurück-bringen to bring back
zurück-drängen to press back, repress
zurück-erhalten to get back, recover
zurück-fahren to go back
zurück-fallen to fall back
zurück-führen to lead back, trace back, reduce
zurück-gehen to go back, return
zurück-gewinnen to regain, win back
zurück-halten to hold back, retain
zurück-kehren to return
zurück-kommen to come back, return
zurück-lassen to leave behind
zurück-legen to pass over, traverse, travel, cover (*of distance*)
Zurücklegung *f.* traversing, accomplishment
zurück-schrecken to shrink back
zurück-setzen to set back
zurück-stoßen to push back, repel
zurück-treten to step back, recede, to retire, subside
zurück-werfen to reflect
Zurückwerfung *f.* reflection
zurzeit at present
zusammen together; total; altogether
zusammen-addieren to add together
zusammen-bauen to build together
zusammen-ballen to conglomerate
zusammen-biegen to bend together
zusammen-brechen to break down, collapse
zusammen-bringen to bring together, combine
zusammen-drängen (sich) to crowd together
zusammen-drücken to compress
zusammen-fallen to fall together, collapse; coincide
zusammen-fassen to sum up, epitomize; comprehend
zusammen-finden (sich) to come together, meet
zusammen-fließen to flow together, fuse

zusammen-fügen to join, assemble, construct
zusammengesetzt composite, compound
zusammen-halten to hold together
Zusammenhang *m.* ¨**e,** connection, coherence, relation, association
zusammen-hangen to stick together, cohere, be connected; —**d,** coherent, continuous
zusammen-kaufen to buy up
Zusammenkunft *f.* ¨**e,** meeting, assembly
zusammen-lagern to lie together; deposit
zusammen-legen to put together
zusammen-löten to solder together
zusammen-nehmen to take together, unite
zusammen-pressen to compress
zusammen-rollen to roll together *or* up
zusammen-schlagen to beat together
zusammen-schließen to shut *or* close together
zusammen-schrumpfen to shrink
zusammen-setzen to compose, combine
Zusammensetzung *f.* composition, synthesis
zusammen-stellen to put together, combine, classify
Zusammenstellung *f.* putting together, assembling, mixing, classification
Zusammenstoß *m.* collision
zusammenstoßend adjacent, joining
zusammen-treffen to meet
Zusammentreffen *n.* coincidence, concurrence
zusammen-treten to come together, unite
zusammen-wirken to work together, coöperate
zusammen-ziehen to draw together, contract
Zusatz *m.* ¨**e,** addition, suffix
Zuschauer *m.* spectator
zu-schmelzen to close by melting, seal hermetically
zu-schneiden to cut out, fit, adapt
zu-schreiben to ascribe to
zu-sehen to take care; investigate; inspect
zu-sichern to assure
zu-spitzen to (bring to a) point, sharpen
Zustand *m.* ¨**e,** state, condition; —**sänderung** *f.* change of state *or* condition
zustande-kommen to occur, result, take place, come about
zu-streben to strive for, make for
zu-strömen to stream *or* flow to
zutage-treten to come to light, become evident
zu-treffen to prove true; —**d,** to the purpose, suitable
zuverlässig reliable
Zuverlässigkeit *f.* reliability
zuvor before, previously
zuwege; etwas — bringen to bring about *or* accomplish a thing
zu-weisen to assign

zu-wenden to turn to *or* toward
Zwang *m.* force, pressure
zwanzig twenty; **in den —er Jahren** in the twenties
zwar indeed, to be sure
Zweck *m.* **-e,** purpose, object; **—mäßigkeitsgrund** *m.* **¨-e,** suitable reason
zweck: —**entsprechend** useful, answering its purpose, efficient; —**los** aimless, useless; —**mäßig** suitable, practical, advantageous, expedient; —**s** for the purpose of
zwei two; —**erlei** of two different sorts; —**fach** double; —**felhaft** doubtful, questionable; —**fellos** doubtless; —**-mal** twice; —**malig** taking place twice, double; —**polig** two-pole, bi-polar; —**t** second; —**tens** secondly
Zweifel *m.* —, doubt
Zweiflammrohrkessel *m.* two-flue boiler
Zweig *m.* **-e,** branch, twig
Zweikammerbremse *f.* two-chamber brake
Zweikammerform *f.* two-chamber form
Zwillings-Francis-Turbi'ne *f.* twin Francis-turbine
Zwillingstandem-Anordnung *f.* twin-tandem arrangement
zwingen to force, compel
zwischen between; —**-fallen** to fall between; —**liegend** intervening
Zwischen: —**aufenthalt** *m.* **-e,** short visit, sojourn; —**examen** *n.* (*pl.* **-examina**) occasional *or* intermediate examination; —**getriebe** *n.* —, intermediate gear; —**lage** *f.* interposition; —**raum** *m.* **¨-e,** intervening space; —**station'** *f.* intermediate station; —**wand** *f.* **¨-e,** partition *or* intervening wall
zwölf twelve; —**teilig** twelve-part, having twelve parts
Zyklon' *m.* **-e,** cyclone
Zylin'der *m.* —, cylinder; —**-deckel** *m.* cylinder-head; —**-fläche** *f.* surface of a cylinder; —**mantel** *m.* **¨** cylinder jacket *or* mantle; —**raum** *m.* cylinder bore
zylindr.sch cylindrical

ALPHABETICAL LIST OF STRONG AND IRREGULAR VERBS

1. The following list contains only verbs in common use.

2. Compound verbs are omitted, as a rule, and their conjugation is to be inferred from that of the corresponding simple verb, *e.g.* verbinden, see binden; betrügen, see trügen; but compounds which have no corresponding simple verbs will be found in the list.

3. The vowel of the 2nd and 3rd sing. pres. indic. and of the 2nd sing. imper. is given only when it differs from that of the infin.

4. The vowel of the impf. subj. is given only when it differs from that of the impf. indic.

5. Forms in parenthesis are less usual.

6. Verbs followed by ſ. are conjugated with ſein only; those followed by ſ., h. are sometimes conjugated with haben; all others with haben only.

Infinitive.	*Imperfect.*	*P. Part.*	*Pr. Ind.*	*Impve.*	*Impf. Subj.*
backen, bake	buk or backte	gebacken	ä		
befehlen, command	befahl	befohlen	ie	ie	ö
befleißen, *refl.*, strive	befliß	befliſſen			
beginnen, begin	begann	begonnen			ä or ö
beißen, bite	biß	gebiſſen			
bergen, hide	barg	geborgen	i	i	
berſten, ſ., burst	barſt or borſt	geborſten	i( )	i(e)	ä or ö
bewegen,[1] induce	bewog	bewogen			
biegen,[2] bend	bog	gebogen			
bieten,[2] offer	bot	geboten			
binden, bind	band	gebunden			
bitten, ask	bat	gebeten			
blaſen, blow	blies	geblaſen	ä		
bleiben, ſ., remain	blieb	geblieben			
braten, roast	briet	gebraten	ä		
brechen, break	brach	gebrochen	i	i	
brennen, burn	brannte	gebrannt			brennte
bringen, bring	brachte	gebracht			
denken, think	dachte	gedacht			
dreſchen, thresh	draſch or droſch	gedroſchen	i	i	

Infinitive.	*Imperfect.*	*P. Part.*	*Pr. Ind.*	*Impve.*	*Impf. Subj.*
bringen, ſ., h., press	brang	gebrungen			
dünken, seem	deuchte	gedeucht	dünkt or deucht		
dürfen, may	durfte	gedurft	darf, darfſt, darf		
empfehlen, recommend; *see* befehlen					
erbleichen, ſ., turn pale	erblich	erblichen			
erlöſchen,[3] ſ., be extinguished	erloſch	erloſchen	i	i	
erſchrecken,[4] ſ., be frightened	erſchrak	erſchrocken	i	i	
eſſen, eat	aß	gegeſſen	i	i	
fahren, ſ., h., go, drive	fuhr	gefahren	ä		
fallen, ſ., fall	fiel	gefallen	ä		
fangen, catch	fing	gefangen	ä		
fechten, fight	focht	gefochten	i	i	
finden, find	fand	gefunden			
flechten, braid	flocht	geflochten	i	i	
fliegen,[2] ſ., h., fly	flog	geflogen			
fliehen,[5] ſ., h., flee	floh	geflohen			
fließen,[2] ſ., h., flow	floß	gefloſſen			
freſſen, eat	fraß	gefreſſen	i	i	
frieren, ſ., h., freeze	fror	gefroren			
gebären, bear	gebar	geboren	ie	ie	
geben, give	gab	gegeben	i	i	
gedeihen, ſ., thrive	gedieh	gediehen			
gehen, ſ., go, walk	ging	gegangen			
gelingen, ſ., succeed	gelang	gelungen			
gelten, be worth	galt	gegolten	i	i	ä or ö
geneſen, ſ., recover	genas	geneſen			
genießen, enjoy	genoß	genoſſen			
geſchehen, ſ., happen	geſchah	geſchehen	ie		
gewinnen, win	gewann	gewonnen			ä or ö
gießen,[2] pour	goß	gegoſſen			
gleichen, be like.	glich	geglichen			
gleiten, ſ., glide.	glitt	geglitten			
graben, dig	grub	gegraben	ä		

Infinitive.	*Imperfect.*	*P. Part.*	*Pr. Ind*	*Impve.*	*Impf. Subj.*
greifen, seize	griff	gegriffen			
haben, have	hatte	gehabt	haſt, hat		
halten, hold	hielt	gehalten	ä		
hangen, hang	hing	gehangen	ä		
hauen, hew	hieb	gehauen			
heben, lift	hob or hub	gehoben			
heißen, be called	hieß	geheißen			
helfen, help	half	geholfen	i	i	ilf
kennen, know	kannte	gekannt			kennte
klingen, sound	klang	geklungen			
kneifen, pinch	kniff	gekniffen			
kommen, ſ., come	kam	gekommen	o(ö)		
können, can	konnte	gekonnt	kann, kannſt, kann		
kriechen,[2] ſ., h., creep	kroch	gekrochen			
laden, load, invite	lud	geladen			
laſſen, let	ließ	gelaſſen	ä		
laufen, ſ., h., run	lief	gelaufen	äu		
leiden,[7] suffer	litt	gelitten			
leihen, lend	lieh	geliehen			
leſen, read	las	geleſen	ie	ie	
liegen, lie	lag	gelegen			
lügen, lie	log	gelogen			
meiden, shun	mied	gemieden			
melken,[8] milk	molk	gemolken	i	i	
meſſen, measure	maß	gemeſſen	i	i	
mögen, may, like	mochte	gemocht	mag, magſt, mag		
müſſen, must	mußte	gemußt	muß, mußt, muß		
nehmen, take	nahm	genommen	nimmſt, nimm nimmt		
nennen, name	nannte	genannt			nennte
pfeifen, whistle	pfiff	gepfiffen			
preiſen, praise	pries	geprieſen			
quellen, ſ., gush out	quoll	gequollen	i	i	
raten, advise	riet	geraten	ä		
reiben, rub	rieb	gerieben			
reißen, h., ſ., tear	riß	geriſſen			

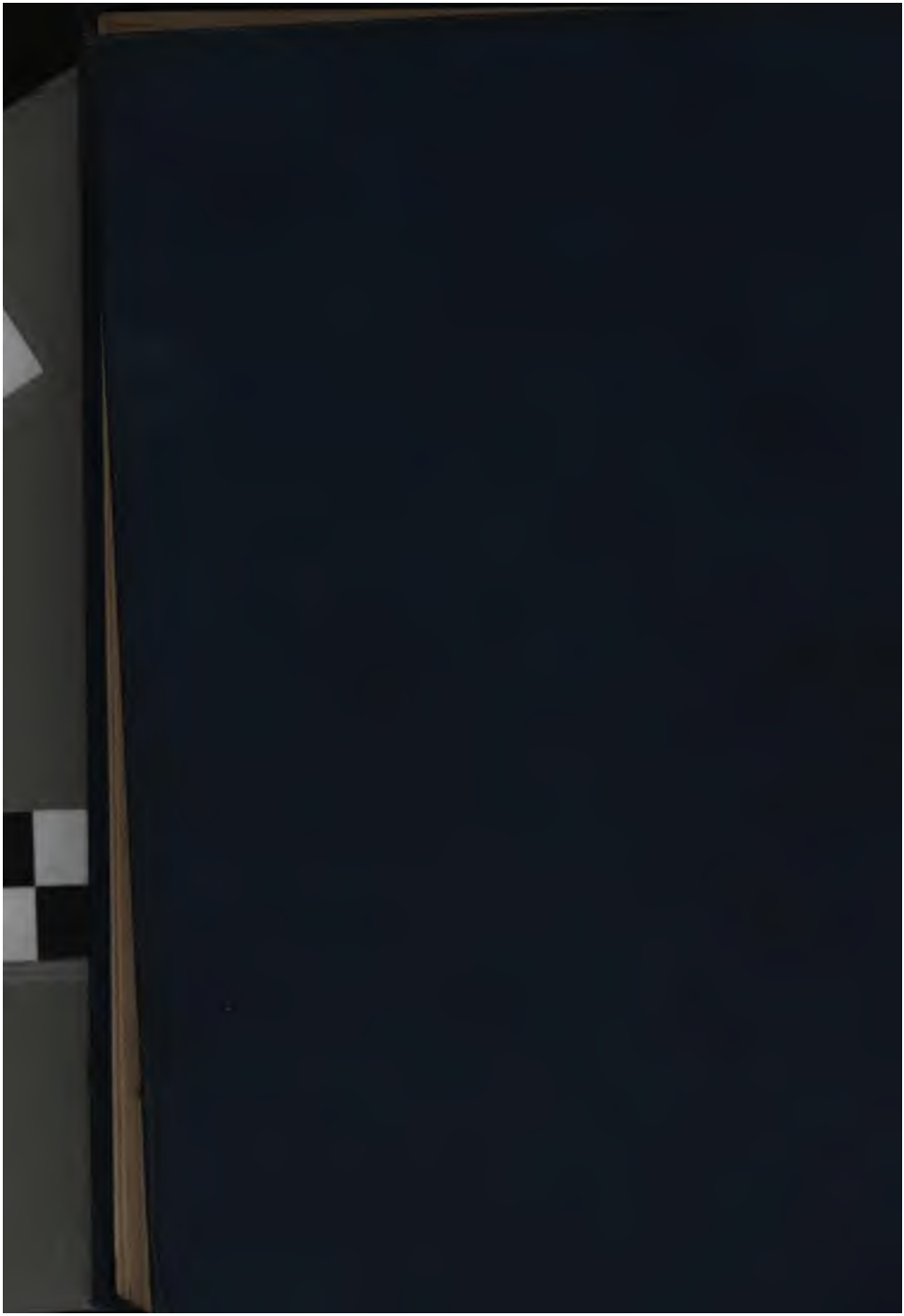
Infinitive.	*Imperfect.*	*P. Part.*	*Pr. Ind.*	*Impve.*	*Impf. Subj.*
reiten,[9] ſ., h., ride	ritt	geritten			
rennen, ſ., h., run	rannte	gerannt			rennte
riechen, smell	roch	gerochen			
ringen,[10] wring	rang	gerungen			
rinnen, ſ., flow	rann	geronnen			ä or ö
rufen, call	rief	gerufen			
ſaufen, drink	ſoff	geſoffen	äu		
ſaugen. suck	ſog	geſogen			
ſchaffen,[11] create	ſchuf	geſchaffen			
ſchallen,[8] ſ., h., sound	ſcholl	geſchollen			
ſcheiden, h., ſ., part	ſchied	geſchieden			
ſcheinen, shine	ſchien	geſchienen			
ſchelten, scold	ſchalt	geſcholten	i	i	ö
ſcheren,[12] shear	ſchor	geſchoren	ie or e	ie or e	
ſchieben, shove	ſchob	geſchoben			
ſchießen, shoot	ſchoß	geſchoſſen			
ſchlafen, sleep	ſchlief	geſchlafen	ä		
ſchlagen,[13] strike	ſchlug	geſchlagen	ä		
ſchleichen, ſ., h., creep	ſchlich	geſchlichen			
ſchleifen,[11] grind	ſchliff	geſchliffen			
ſchließen, shut	ſchloß	geſchloſſen			
ſchlingen, sling	ſchlang	geſchlungen			
ſchmeißen, fling	ſchmiß	geſchmiſſen			
ſchmelzen,[14] ſ., h., melt	ſchmolz	geſchmolzen	i	ö	
ſchneiden, cut	ſchnitt	geſchnitten			
ſchreiben, write	ſchrieb	geſchrieben			
ſchreien, scream	ſchrie	geſchrien			
ſchreiten, ſ., stride	ſchritt	geſchritten			
ſchweigen, be silent	ſchwieg	geſchwiegen			
ſchwellen,[4] ſ., swell	ſchwoll	geſchwollen	i	i	
ſchwimmen, ſ., h., swim	ſchwamm	geſchwommen			ä or ö
ſchwinden, ſ., vanish	ſchwand	geſchwunden			
ſchwingen, swing	ſchwang	geſchwungen			
ſchwören, swear	ſchwor or ſchwur	geſchworen			ü
ſehen, see	ſah	geſehen	ie	ie	
ſein, ſ., be	war	geweſen	bin, biſt, iſt, ſet		

Infinitive.	*Imperfect.*	*P. Part.*	*Pr. Ind.*	*Impve.*	*Impf. Subj.*
ſenden,[15] send	ſandte	geſandt			ſendete
ſieden,[16] boil	ſott	geſotten			
ſingen, sing	ſang	geſungen			
ſinken, ſ., sink	ſank	geſunken			
ſinnen, think	ſann	geſonnen			ä or ö
ſitzen, sit	ſaß	geſeſſen			
ſollen, shall	ſollte	geſollt	ſoll, ſollſt, ſoll		
ſpeien, spit	ſpie	geſpien			
ſpinnen, spin	ſpann	geſponnen			ä or ö
ſprechen, speak	ſprach	geſprochen	i	i	
ſprießen, ſ., h., sprout	ſproß	geſproßen			
ſpringen, ſ., h., spring	ſprang	geſprungen			
ſtechen, stick	ſtach	geſtochen	i	i	
ſtecken,[8] stick	ſtak	geſteckt	e or i	e or i	
ſtehen, stand	ſtand (ſtund)	geſtanden			
ſtehlen, steal	ſtahl	geſtohlen	ie	ie	ä
ſteigen, ſ., h., mount	ſtieg	geſtiegen			
ſterben, ſ., die	ſtarb	geſtorben	i	i	ü
ſtoßen, h., ſ., push	ſtieß	geſtoßen	ö		
ſtreichen, stroke	ſtrich	geſtrichen			
ſtreiten, strive	ſtritt	geſtritten			
tragen, carry	trug	getragen	ä		
treffen, hit	traf	getroffen	i	i	
treiben, drive	trieb	getrieben			
treten, ſ., h., step	trat	getreten	trittſt, tritt	tritt	
triefen,[16] ſ., h., drip	troff	getroffen			
trügen, deceive	trog	getrogen			
tun, do	tat	getan			
verderben,[17] ſ., h., spoil	verdarb	verdorben	i	i	ü
verdrießen, vex	verdroß	verdroſſen			
vergeſſen, forget	vergaß	vergeſſen	i	i	
verlieren, lose	verlor	verloren			
wachſen, ſ., grow	wuchs	gewachſen	ä		
wägen, weigh (*tr.*)	wog	gewogen			
waſchen, wash	wuſch	gewaſchen	ä		
weben,[16] weave	wob	gewoben			

Infinitive.	*Imperfect.*	*P. Part.*	*Pr. Ind.*	*Impve.*	*Impf. Subj.*
weichen,[18] ſ., h., yield	wich	gewichen			
weiſen, show	wies	gewieſen			
wenden,[15] turn	wandte	gewandt			wendete
werben, sue, woo	warb	geworben	i		ü
werden, ſ., become	wurde, ward	geworden	wirſt, wird		würde
werfen, throw	warf	geworfen	i	i	ü
wiegen, weigh (*intr.*)	wog	gewogen			
winden, wind	wand	gewunden			
wiſſen, know	wußte	gewußt	weiß, weißt, weiß		
wollen, will	wollte	gewollt	will, willſt, will		wollte
zeihen, accuse	zieh	geziehen			
ziehen,[19] draw (h.), move (ſ.)	zog	gezogen			
zwingen, force	zwang	gezwungen			

[1] bewegen, 'move,' is wk. [2] Has also eu for ie in 2nd and 3rd sing. pres. indic. and 2nd sing. impve. in poetic diction. [3] löſchen, 'extinguish,' is wk. [4] Wk. when tr. [5] Also fleuchſt, fleucht, fleuch in poetry. [6] begleiten, 'accompany,' is wk. [7] verleiden, 'spoil,' is wk. [8] Usually wk. [9] bereiten, 'prepare,' is wk. [10] umringen, 'surround,' is wk. [11] In other senses wk. [12] beſcheren, 'make a present,' is wk. [13] ratſchlagen, 'deliberate,' is wk. [14] ſchmelzen, 'smelt,' is wk. [15] Also reg. wk. [16] Also wk. [17] Wk. or st. when tr. [18] weichen, 'soften,' is wk. [19] Also zeuchſt, zeucht, zeuch, in poetry.

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
CECIL H. GREEN LIBRARY
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004
(415) 723-1493

All books may be recalled after 7 days

DATE DUE